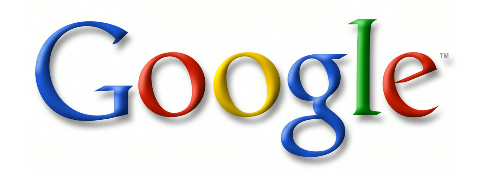
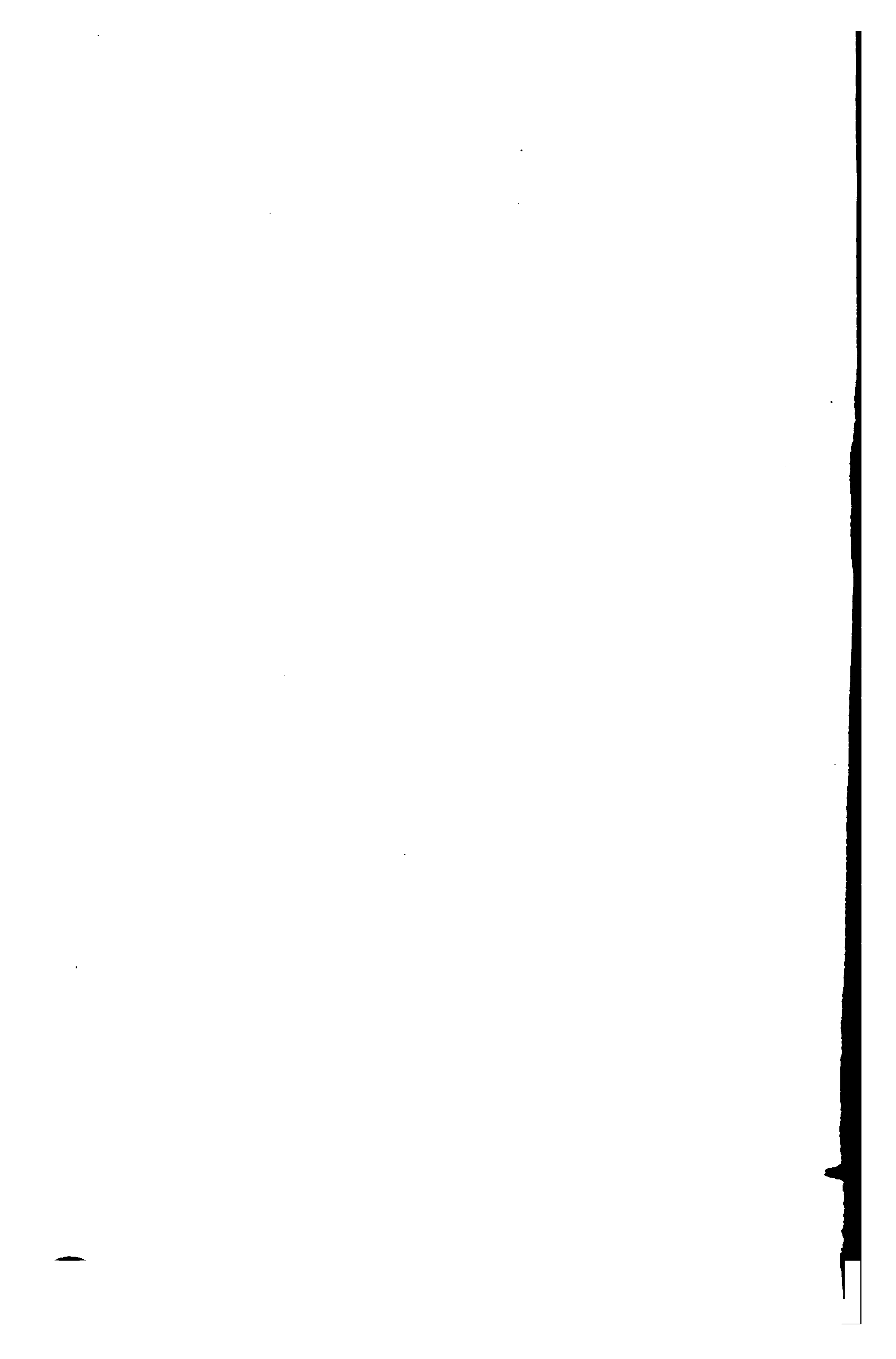






FRANCISCO J. SAN ROMAN

DESIERTO I CORDILLERAS
DE ATACAMA

POR

FRANCISCO J. SAN ROMAN

TOMO TERCERO

HIDROLOGÍA

SANTIAGO DE CHILE
IMPRENTA NACIONAL, CALLE DE LA MONEDA N.° 1455

1902



FRANCISCO J. SAN ROMAN

DESIERTO I CORDILLERAS
DE ATACAMA

POR

FRANCISCO J. SAN ROMAN

TOMO TERCERO

HIDROLOGÍA

SANTIAGO DE CHILE
IMPRENTA NACIONAL, CALLE DE LA MONEDA N.° 1455

1902

PREÁMBULO

«Santiago, abril 17 de 1883.

....

He acordado i decreto:

....

Art 2.° Se levantará la carta topográfica del desierto con los detalles de su orografía e hidrografía, demarcacion de las aguadas naturales i de los puntos en que éstas puedan ser abiertas.»

El autor de este nuevo libro, continuacion de otros ya dados a luz e igualmente derivados del cumplimiento de un decreto supremo, i tan a duras penas i con tan frecuentes i largas intermitencias arrancados al procedimiento de las tramitaciones oficiales, desearia condensar su pensamiento en una sola idea comprensiva, ahorrar aun el libro mismo si fuera posible, reduciéndolo a una especie de forma aljebráica de fácil aplicacion i consulta. No pudiéndolo, i siendo la materia ahora dilucidada un ramo tal como la Hidrografía i en un territorio tal como el Desierto i Cordilleras de Atacama, ha debido resignarse a compilar i verter el contenido de sus carteras de esplorador e injeniero en forma de una expresion en todo lo po-

sible razonada i concreta de sus hechos i aspiraciones al aprovechamiento público de sus obras.

Una palabra i una idea inexorablemente envuelta en ella se destacan, sin embargo, en el fondo del todo, con la fuerza de su imperio i la suma de toda su significacion i demanda a los poderes públicos: la AGUADA, i su cuidado inmediato; su aseo i permanente conservacion, arbolado i ancha multiplicacion.

I por otro lado, cúidese de no conceder las aguadas ni el uso de los rios a nadie sin las obligaciones requeridas en obras i plantíos, mejoras i trabajos mediante previo informe de injenieros o autoridad competente.

El aprovechamiento de las aguas subterráneas ha sido una preocupacion principal i preferente de los gobiernos i sabios de todos los tiempos: los filósofos griegos preconizaban su ejercicio hasta la exaltacion, i Séneca, por su parte, nos dejó estampado lo siguiente: *Adoremos las fuentes de los grandes rios i levantemos altares al descubrimiento de una* AGUADA.

En nuestros tiempos las AGUADAS operan prodijios de trasformacion en las comarcas mas estériles de la tierra.

I

HIDROLOGÍA

DEL DESIERTO I CORDILLERAS DE ATACAMA

INTRODUCCION

El desierto de Atacama, con sus adustas i desnudas serranías impregnadas de todos los metales útiles o nobles, i con sus llanuras cubiertas de sales e inscrustadas del fecundo salitre, destinado desde su estéril lecho a distribuir la fertilidad por todas las rejiones del mundo; susceptibles ademas aquellos páramos de ser mejorados en sus condiciones de habitabilidad i medios de fomento i subsistencia de sus industrias mediante un mas completo i razonado aprovechamiento de todas sus riquezas naturales, entre otras las de sus RECURSOS HIDROLÓGICOS, no ha sido, sin embargo, hasta hoi, objeto de alguna lei especial, de un decreto ni disposicion espresa de autoridad pública para dotarlo de una gota de agua.

I no siendo esta la única rejion del globo terrestre desprovista por la naturaleza de un réjimen de lluvias bastante para enriquecer espontáneamente su suelo poblándolo de plantas i animales i cubrirlo todo de

flores i verdor, sino que las hai tambien en naciones i territorios de todos los continentes, mas o ménos aprovechadas o aprovechables segun hasta donde haya podido penetrar en ellas la accion protectora de sus respectivos gobiernos, fomentando cada dia mas los medios de poblar i cultivar la tierra, nada hai ya bastante justificable para dispensar al nuestro por no resolverse a prestar la suya, siquiera allí donde tales desiertos estériles, como los nuestros del Desierto de Atacama, ofrecen un réjimen natural de aguas capaz de considerable impulso i mayor estension para el desarrollo de sus riquezas en mas fáciles i reproductivas condiciones.

Completa imájen i semejanza, con fiel reproduccion de los caracteres físicos i geolójicos de nuestros desiertos i cordilleras de Atacama, era la tierra estéril i desolada de interminables páramos inhospitalarios por donde el inspirado Brighman Young realizó su penoso éxodo desde el Michigan hasta lo mas recóndito de las Montañas Rocallosas en busca de remoto e ignorado lugar de refujio para su perseguida secta de fanáticos adictos.

Encontró suelo avaro e ingrato de sus dones para la fertilizacion i, sin embargo, ¡cuánta diferencia entre el entónces desierto estéril i las tierras convertidas hoi por los milagros de una gota de agua en el agreste paraiso, monumentos i ciudades manufactureras de los mormones!

Aquí como allá, no obstante, en los territorios del Utah, entre las rejiones del Lago Salado con las románticas tradiciones del éxodo de los perseguidos del Michigan en 1848, a traves de dos mil millas de desiertos i *tierras malditas*, con su moderno Moises como conquistador i guía, i las de nuestro Desierto i Lago de San Pedro de Atacama, siempre *tierra du-*

ra, tambien con sus tradiciones, changas i su conquista por el mosquete español primero i el rifle moderno despues, todo es lo mismo en la naturaleza: los aspectos panorámicos, los relieves topográficos con sus montañas i valles lonjitudinales, altas mesetas de suelo seco i atmósfera diáfana, cuencas de contornos áridos, salinos i salitrosos en cuyo fondo se recojen las aguas en charcos, pantanos, lagunas o lagos; las series de cumbres volcánicas correspondientes a un comun orijen i período de actividad; los manantiales o fuentes minerales frias o termales de agua o de barro, etc., etc.; los escasos arroyos i riachuelos detenidos o agotados en su curso por la evaporacion, las infiltraciones de un suelo árido de humedades i penetrados tambien de sales minerales: sulfatos, boratos, nitratos i característicos caliches; la misma puna, en fin.

Tales semejanzas en la naturaleza, pero diferencias profundas ante las trasformaciones de la industria humana, deben estimularnos a averiguar algo de las razones de tanta disparidad, i realizar algo capaz de trasformar siquiera en lo mas fácil i mas seguramente reproductivo las actuales condiciones naturales de nuestros desiertos áridos del norte.

I con todo, de nacion a nacion i de desierto a desierto van estas mismas condiciones en exacto paralelismo con relacion a los medios i procedimientos de trasformacion i fecundidad requeridas, casi esclusivamente reducidas al arte de aprovechar las aguas i multiplicarlas con obras sabiamente calculadas al efecto.

Ante todo, el solícito cuidado de los manantiales o vertientes naturales, pozos comunes o artesianos, norias i aljibes, hasta no dejar perderse en su totalidad la inmensa cantidad de las aguas meteóricas sin pro-

curar absorber i retener de éstas lo mas posible dentro del seno terrestre para conservacion i aumento de las humedades subterráneas i mejor distribucion del réjimen hidrolójico jeneral.

La sonda de montaña, dirijida por mano intelijente i los variados i eficaces recursos que la ciencia i el estudio razonado del terreno ponen hoi al servicio de la hidrología, han realizado prodijios en algunos paises al parecer condenados a una sequía sin esperanzas, a una esterilidad inexorable i al abandono de toda idea de utilidad i aprovechamiento.

La Francia debe ménos la conquista i pacífica posesion de sus colonias en Arjel i el desierto sahariano, al poder de sus ejércitos que a los beneficios incalculables del pozo artesiano i de las obras hidráulicas, i así tambien las opulentisimas ciudades mineras de los desiertos estériles de Estados Unidos de Norte América, han asegurado la estabilidad de su subsistencia contra la trasitoria riqueza de las minas, almacenando gota a gota el agua necesaria para el cultivo de sus tierras i movimiento de sus máquinas.

Los ejércitos de Chile han estado impedidos de acudir a la defensa del pais a lo largo de nuestro estenso territorio hasta su estremidad mas septentrional por impedírselo la falta de aguada i lugares de refresco en el tránsito, sin embargo de no haber sido ni ser imposible, o siquiera en estremo difícil mediante una sistemada i paulatina organizacion de trabajos, aprovecharse de los recursos naturales del desierto, a lo ménos hasta haber podido realizar la obra de seguridad nacional en su oportunidad i al mismo tiempo dotado de tan fecundos bienes a los industriales i pobladores del largo trayecto todavía inabordable para el cateo desde el uno al otro de sus estremos.

Si la deficiencia de los estudios geolójicos, base

fundamental i única firme i razonada del arte de alumbrar aguas, nos impide dar resultados precisos e instrucciones concretas i solo posibles mediante dedicacion especial a ello, vamos a ver de dar a conocer, por lo ménos, dentro del carácter jeneral i de las someras indagaciones impuestas por el programa de esta obra, los elementos i circunstancias relacionados con la hidrolojía del Desierto de Atacama i las probabilidades de aliviar siquiera en algo las penurias de la mas poderosa fuente de nuestra riqueza pública i privada, prescindida siempre de proteccion i todavía entregada, a pesar de las promesas i programas oficiales de todo tiempo, a la desolacion i abandono del desierto.

La hidrolojía, o sea, la averiguacion i conocimiento de las causas relativas al oríjen del agua, a sus diversos estados i a las importantes funciones de su intervencion en la física terrestre i en el desarrollo de la vida sobre la superficie del planeta, necesita i se da íntimamente la mano con la meteorolojía, a la cual deberemos tambien destinar una pájina, i no podríamos tampoco prescindir del concurso de la geolojía, la ciencia luminosa capaz de guiarnos, con la revelacion de la estructura i composicion de los materiales de la corteza del globo, en todo lo referente a la circulacion esterior i subterránea de las aguas.

La ciencia i los adelantos modernos han venido a suministrar mayores i mas poderosos elementos al progreso universal, procurando a algunos territorios donde ántes nada era fácil o posible, medios i procedimientos adaptables a recursos naturales ántes tenidos por inútiles o imposibles de aprovechar.

Una nueva i fecundísima unidad potencial ha sido suministrada al poder mecánico i capacidad industrial de los pueblos, determinada por su coeficiente hipso-

métrico o sea su altura media sobre el nivel del mar, causa determinante de las caidas de agua i oríjen de la fuerza motriz hidráulica, ántes apénas tenida como en estado latente, solo adaptable a las pequeñas aplicaciones i hoi trasformada en poder supremo capaz de modificar las relaciones de comercio entre las naciones, dando a aquéllas a quienes la naturaleza habia negado la fuerza del carbon de piedra, el jeneroso i espedito medio de arrancarla a sus rios i trasportarla a la distancia mediante un hilo de cobre.

Al entrar en este órden de operaciones con motivo de un libro sobre hidrología de nuestro desierto i cordilleras del norte, no nos arrastra ese prurito casi innato en los naturales de cada nacion o comarca del suelo patrio, tan inclinados siempre a considerar la suya propia como favorecida con los mejores dones de la creacion: suelo rico i fértil, pródiga reparticion de riquezas minerales en sus montañas, i a no haber mas en efectivo, todavía por añadidura el mérito de lo ignorado o invisible, lo no descubierto aun por falta de iniciativa industrial, de capitales, etc., pero siquiera podemos permitirnos señalar sin pretensiones de exajerar aquellos detalles del sistema hidrográfico donde han socavado sus profundos cauces los rios Loa, Copiapó i Huasco con sus tributarios esteriores e interiores, visibles o invisibles, cuyo réjimen hidrolójico determinan, para las rejiones secas i estériles por falta de lluvias, el importantísimo problema de las aguas superficiales i subterráneas.

Para un pais como Chile, de tan dilatado territorio entre las latitudes estremas donde se despliegan los diversos aspectos físicos del globo, la serie de climas i temperaturas medianeras entre las tierras magallánicas i las rejiones tarapaqueñas, reducidas en lo jeneral a términos medios de calor i frio escepcionales por

su moderacion i dulzura; i con mas la riqueza característica de nuestras zonas de produccion distribuidas de estremo a estremo i respectivamente caracterizadas en la naturaleza por los minerales en el norte, por los frutos agrícolas en el centro, los forestales al sur i los de pesquería por doquiera, podemos creernos, sin metáfora ni exajeraciones de celo patriótico, destinados a grandes i hermosos horizontes, así en el presente como en lo porvenir.

Aun hai mas, i concretándonos a nuestros intereses por el norte, señalaríamos hasta como un beneficio de la naturaleza en su favor, las condiciones de aridez i sequedad del suelo para facilitar la investigacion científica i el cateo minero, para conservar a la agricultura patria i de todo el mundo las inmensas acumulaciones de abonos fertilizantes i tantas otras materias de universal consumo i especialísima destinacion.

Pero donde todavía se ocultan recursos de la mas trascendental importancia presente i eterna—siendo aquí en verdad el caso del aludido prurito de las riquezas invisibles e ignoradas—es en el réjimen hidrolójico de nuestros rios i en los medios de disfrutar estos ajentes de todo bienestar humano estudiándolos uno a uno desde sus fuentes en los Andes i en su curso hasta el Pacífico, bajo los múltiples aspectos de su íntegro aprovechamiento en las tierras sin regadío, de la conservacion del exceso de sus aguas en represas o embalses, de su regulacion para prevenir las innundaciones torrenciales i destruccion periódica de nuestras obras públicas, de sus aplicaciones, en fin, a la tan solicitada fuerza motriz i a otras mil conveniencias del servicio público i privado.

Espectativas son estas mui notorias i no solo aplicables—por eso las enumeramos—a la rejion central

de Chile, sino tambien a los territorios secos i sin lluvias; al Bio-Bio como al Loa; a las altiplanicies de la Puna chilena de Atacama, favorecida por numerosos arroyos aprovechables para el cultivo de las tierras bajas del desierto central, así como tambien a estas últimas, susceptibles de rendir grandes beneficios con la mera limpia de sus aguadas actuales i propagacion de otras en puntos adecuados; a los pozos comunes o absorbentes, abisinios o instantáneos, i quizá tambien, como gran recurso a los pozos artesianos.

No se creeria capaz al desierto de Atacama de ostentar campos cultivados, oásis bienhechores, refresco, una sombra i ausilio al minero siempre dispuesto a las fatigas i peligros de una jenerosa i fecunda mision—i esto, no obstante la desidia i el no querer averiguarlo—siquiera vale la pena de saberlo.

I.—Hechos diversos

A.—Antiguas teorías

Desde Platon, con su idea del fantástico Tártaro colocado como antro inmenso en el centro de la tierra, para surtir de aguas al mar, a los lagos, a los rios i a los manantiales, i los otros filósofos griegos con su creencia de ser el agua un resultado de la condensacion del aire en el mismo centro, hasta Descartes, imajinando al cuerpo terrestre surcado de venas i arterias por donde circulaba el agua del mar como la sangre en el cuerpo humano; i desde aquí hasta la teoria de la evaporaciòn marina, la condensacion de los vapores en diversos meteoros acuosos i la infiltracion de las aguas lluvias en la profundidad de los terrenos para reaparecer a la superficie en forma de

fuentes, manantiales, vertientes i otras maneras de manifestacion propias de las aguas subterráneas, éstas han sido en todos los tiempos objeto de vehemente preocupacion i del mas vivo anhelo por descubrirlas i aprovecharlas.

Las ideas sostenidas largo tiempo en el sentido de atribuir las aguas interiores a una fuerza de accion compelente del mar contra la tierra adentro, suponiendo a ésta un grado de porosidad incompatible jeneralmente con la composicion de los terrenos, o a un sistema de canales subterráneos, por donde se conducian hasta la altura de las montañas, han podido ser sustentadas por la imajinacion en presencia de ciertos fenómenos como los remolinos o antros submarinos por donde parecen absorberse en abismos insondables las aguas del océano, pero hubieron de ser abandonadas desde el momento de principiar el adelanto de las ciencias físicas i el perfeccionamiento de los medios de observacion geolójica en sustitucion al empirismo de aquellos tiempos.

La fantasía, que ha forjado pavorosas profundidades en una somera caverna como la que arrimolinea las olas en el golfo de Scylla, i supuesto absorbente abismo sin fondo en el movimiento jiratorio que la configuracion topográfica de las costas noruegas produce periódicamente en las aguas del Maël-Strom, se veria reproducido tambien en algunos puntos de nuestras abruptas costas si exajeramos las dimensiones de ciertos hechos naturales de pequeña importancia o de proporciones apénas ordinarias.

En las inmediaciones del Puerto Viejo de Copiapó, las escabrosidades de la costa han creado nombres propios adecuados a caracteres físicos notables como el Morro de Copiapó, adusto i abrupto promontorio, uno de los rasgos mas notables i derroteros mas cul-

minantes del Pacífico, solo comparable al *Morro Moreno* de Mejillones i al famoso, pero mas pequeño, *Morro de Arica*; el *Quiebra Olas*, cordon peligroso de arrecifes de dia señalados como una guirnalda de deslumbrante blancura en fondo del mas intenso azul marino i de noche visible como una estela fosforecente de fulgores engañosos; la Isla Chata, asomando apénas sus contornos oscuros como el lomo de un gran cetáceo; el Veladero, con sus dominantes puntos de vista en lo alto de los barrancos cortados a pique sobre las playas i en la desembocadura del rio de Copiapó, casi agrestes en medio de la esterilidad con los pintados colores de los bancos rojos, amarillos i verdes de la formacion terciaria de aquellas riberas; i por fin el *Volcan de Agua*, pequeño hueco socavado por el embate de las olas debajo de los conglomerados de conchilla, restos de la última formacion geológica descansando en situacion horizontal sobre una base erizada de durísimas rocas de labradorita desgastadas, redondeadas i carcomidas, dejando insterticios i conductos por donde el mar penetra bramando e impetuoso como si pugnara por lanzar a los aires i entregar a la accion trituradora de las olas hasta el último fragmento de las capas calcáreas sobrepuestas.

Este llamado volcan o remedo de tal, mera fantasía en miniatura de las leyendas changas, por donde el agua se escapa a veces en penachos de espuma; en medio del paisaje de rocas negras i del ajitado oleaje, estimula a imajinar un volcan submarino; por eso la creencia popular veia allí antros subterráneos i conductos por donde se internan tierra adentro las aguas marinas impregnando éstas de sal gema los terrenos circunvecinos.

Algun efecto capilar puede mui bien absorber, como una esponja, el agua salada del mar i levantarla hasta

algunos metros sobre su nivel hasta desparramarla por sobre capas impermeables en la superficie o dando lugar a las fuentes saladas comunmente llamadas *salinas* i en ocasiones aprovechadas, como las del Morro, para su esplotacion industrial por sal comun.

Pero recorriendo toda la costa de nuestras escursiones, desde el puerto de Huasco hasta la desembocadura del Loa, nada nos ha referido la tradicion de los changos, ni constancia alguna de observacion moderna nos asevera la existencia de sumideros o golfos absorbentes como comprobacion de supuestas comunicaciones del océano por conductos subterráneos con los volcanes del continente.

B.—Del rio Huasco al rio Loa

Por lo demas, en la configuracion de la costa marítima mirada desde el punto de vista hidrográfico, el hecho mas culminante es el de estar refrescadas ámbas estremidades del territorio propiamente llamado Desierto de Atacama, por aquellos dos rios de corriente continua respectivamente desprendidos desde sus oríjenes en las nieves de los Andes hasta sus respectivas desembocaduras: el uno, el de los agrestes cultivos del valle del Huasco, siempre surtido de aguas corrientes en su curso hasta el mar, i el otro, el característico Loa por el estremo opuesto, al norte, en las vegas tibias i salobres donde mezcla tambien su caudal entero i el de sus grandes i desvastadoras creces, con las aguas marinas, todo íntegro, durante su largo tránsito, sin haber sido sino en reducidísima estension aprovechado para el cultivo de la tierra.

I esto, en gracias de estos últimos años, cuando las vegas de Calama han sido mejoradas por el drenaje i los cultivos de Quillagua han aumentado en estension,

al mismo tiempo de ciertos trabajos de la *Compañía Anglo-Chilena* del Toco para una importante instalacion de maquinaria elevadora de aguas i para distribuir por cañerías a todas partes de la pampa i hasta el puerto de Tocopilla, con grandísima utilidad para las oficinas salitreras i beneficio de las poblaciones.

En el intermedio de las trescientas sesenta millas marinas comprendidas por este trayecto de costa marítima, del Huasco al Loa, hai ademas una serie de cauces por donde ocasionalmente corren o desbordan las aguas fluviales del Desierto, alcanzando las unas a mezclarse con las del mar en períodos intermitentes mas o ménos prolongados, como acontece con el rio de Copiapó, o manteniéndose perennes las otras en las vegas i lagunillas de cordillera donde nacen; en los púquios o vertientes donde reaparecen, despues de largo trayecto subterráneo i en los charcos i totorales del litoral marítimo, como en Carrizal Bajo i el Totoral, a donde se recojen detras del bordo de las playas i se detienen como atemorizadas ante el inmenso espectáculo comun del océano, término de su intermitente curso i de su efímera existencia.

Esos hilos de agua son, no obstante, numerosos en el desierto, ofreciendo evidente testimonio de caudales invisibles o subterráneos infinitamente mayores por su estension i volúmen de caudal a lo visible en la superficie.

El doctor Phillippi, al cruzar estas llanuras en pleno dominio del silencio i de la soledad de hace medio siglo, recibió a este respecto, se comprende, ahora, la tristísima impresion de un desierto inhospitalario i sin medios para mejorar de condicion.

El sabio naturalista se fundaba en el hecho de la falta de lluvias o aguas meteóricas, equivalente a una negacion en la probabilidad de encontrar aguas sub-

terráneas, ni aun para pozos comunes; pues, en cuanto a pozos artesianos, creia que la constitucion geolójica del suelo era de todo punto negativa de las condiciones hidrostáticas del agua para surjir.

Mas adelante veremos si la esperiencia i algunos ejemplos de indagacion geolójica en ciertas localidades han modificado en sentido felizmente contrario a las apariencias i a las impresiones del ilustre viajero, lo concerniente al agua de pozos artesianos, comunes, instantáneos o de cualquiera otra forma o naturaleza, desde aquellos tiempos i los de don Diego de Almeida.

Dejemos miéntras tanto, limitado el terreno cuyas condiciones hidrolójicas nos corresponde describir, al espacio de mar a cordillera comprendido entre las latitudes medianeras de los rios Huasco i Loa.

C.—El arte hidroscópico

La *hidroscopia*, mantenida todavía dentro de los límites de un simple arte, tiende no obstante a salir del dominio de la rutina i de las preocupaciones vulgares; si no para entrar en el rigor de las ciencias exactas como la mecánica i la hidráulica, a lo ménos para figurar, como la geolojía, en la categoría de las ciencias que deben a la investigacion sagaz i al fecundo procedimiento de la observacion razonada de los hechos, el grado de precision i de verdad que progresivamente van alcanzando i ha de llevarlas a sus grandes destinos.

Hasta hace poco tiempo, en plena ilustracion del pasado siglo, la *varilla adivinadora*, manejada por mano diestra como un cubilete de prestidijitacion, gozaba de la fama de un verdadero procedimiento para descubrir la existencia de las aguas subterráneas, i

aun hasta los dias de hoi no se ha desistido de probar sus efectos.

Detras de la forma, del pretesto de un objeto material no habia sino la suspicacia de injenio o las condiciones de temperamento en el inconsciente operador para sentir los efectos fisiolójicos de la humedad o del frio, que con intensa actividad afectan a algunas personas, al paso que a otras en las mismas circunstancias las dejan permanecer insensibles.

Jentes ilustradas i aun injeniosas creen todavía en tales efectos de la barra adivinadora, aplicándole ahora no las razones de supersticion i de intervencion sobrenatural de otros tiempos, pero sí las esperiencias de la moderna ciencia en sus influencias de oríjenes eléctricos o magnéticos.

La esperiencia ha probado para la misteriosa varilla de virtud, en manos de un nervioso, el mismo efecto de ajitacion manifestado cuando la persona está en natural comunicacion con el gran receptáculo comun, como cuando se colocan sobre el taburete aislador de los aparatos de física, i de aquí la fe despertada en alguno de aquellos casos felices de las pruebas físicas.

Lo dijo el ilustre Mr. Chrevreul ante la Academia de ciencias de Paris: movimientos musculares producidos por una imajinacion prevenida o exitada involuntariamente en el sentido de ver producirse el hecho; decision intuitiva o impresion anticipada de ineludible i fatal produccion de tal hecho, i en ciertas personas, aun el temor de su no produccion, siendo por todo esto posible darse lugar a los estremecimientos nerviosos, de donde resulta vibrar, estremecerse i aun saltar de las manos del operador la inerte varilla.

Entre ámbos estremos: exceso de credulidad i exceso de duda, la verdad suele estar en el punto medio.

Pasaron ya los tiempos de negar en absoluto tales

o cuales fenómenos, sea por parecer inaceptables i absurdos o por derivar de fuerzas o influencias naturales apénas perceptibles i solo conocidas por esperimentacion o empirismo.

Así hemos debido aceptar el fonógrafo i los rayos X sin asombrarnos lo bastante i quedándonos con el convencimiento de no haberse aun ni principiado a descubrir todo cuanto es susceptible de llegar a verdad consumada por la sagaz investigacion humana, de donde quizá surjirá la misma varilla adivinadora para buscar i encontrar aguas subterráneas.

¡Los hechos! aunque sin demostracion científica—viven—i a pesar de la especulacion i charlatanismo que los desfigura i perjudica, llegarán a probar algo en materia de la varilla.

Por lo pronto, ya se anuncia de esperimentos en Inglaterra, fomentados por lord Gersey i otros, donde hidróscopos de profesion han dado prácticas pruebas de acierto en los parques de Osterley i Wittshive, en el Pais de Gales i otros puntos, descubriendo o *adivinando* aguas, si así quiere decirse, hasta profundidad de 25 piés.

Pero ya no hai el intermedio material i vulgar de una varilla, ni de madera, ni de metal ni de nada, sino manos limpias, de esquisita sensibilidad i en las necesarias condiciones fisiolójicas requeridas para que la propia facultad del esperimentador se produzca.

Emanaciones de agua subterránea a la superficie, por mui sutiles i tan vaporosas como se quiera imajinarlas, sin manifestaciones esternas para el comun de los hombres, pueden ejercer en algunos, dotados de alta tension nerviosa, influencias físicas o psicolójicas, así como involuntarias contracciones musculares reveladoras del hecho hidrolójico.

Es decir, ya no es una varilla májica de cualquier

material el secreto del hidróscopo sino su propia virtud de tal, estimulada por el uso i perfeccionada por una larga esperiencia.

Pero dejando el innecesario palito en forma de Y durante tantos siglos usado para tantos supuestos hallazgos subterráneos, ya fueran agua o ricas minas; robos ocultos, criminales ignorados, intenciones morales i adivinaciones de todo jénero, siempre queda de pié la verdad de haber personas de cierta esquisita sensibilidad para sentir las impresiones o recibir los efluvios de la humedad donde otros no ven, no sienten ni sospechan indicios de su existencia.

Es notoria esta cualidad en algunos animales cuya sensibilidad llega a un grado de enerjía sorprendente, como en los de la especie mular especialmente.

Nos envolvia la oscuridad de una noche de otoño en nuestro campamento de plena travesía por la alta planicie jamas hasta entónces esplorada, desde donde arranca el camino de Rio Lamas a San Francisco en direccion al norte hácia la Laguna Brava.

En páramos inesplorados, sin guia ni senda conocida, ni conocimiento alguno de la topografía del terreno, viajábamos al rumbo de la brújula como los marinos.

Dia i medio sin bebida los animales, en dias ardientes i campo medanoso, la fatiga los habia rendido i no nos permitian ganar tiempo i espacio ni aun andando de noche; pero acertando un dia a dar con cierta localidad favorable para alojarse al abrigo del frio i apénas libres de su pesada carga las bestias empezaron éstas a manifestar inquietud i momentos despues una desesperacion furiosa por emprender la fuga, como espantadas o enloquecidas.

Fué necesario amarrarlas, maniatarlas con las mas seguras precauciones i pasar la noche velando.

Los arrieros, jente siempre sedienta, sin duda a causa de las ajitaciones de su pesado oficio, sufrian tambien el tormento de la sed i economizaban por prevision una última gota de agua, conformándose por lo demas con atribuir la vehemente impaciencia de las bestias al olfato de algun leon rodante o a cualquier otro motivo, sin darse cuenta de otra cosa como razon mas aceptable.

Vino el dia, i el horizonte en apariencia parejo i nivelado de la llanura solo nos prometia la esperanza de arribar a las distantes montañas de salvacion a donde debíamos a todo trance alcanzar de una sola jornada aquel mismo dia ántes de una noche mas sin agua.

Los animales, con gran sorpresa de los arrieros, parecian, léjos de rendidos por la postracion del hambre i de la sed, mas bien fogosos, i apénas desatados i dejados en libertad de sus movimientos, con sus cargas o jinetes a cuestas, emprendieron veloz carrera en una direccion determinada, como a punto fijo de ellos familiar i conocido.

Era uno de esos casos estremos de todo viajero, conocidos cuando se acostumbra, sin recelo, entregarse a la sagacidad instintiva de las bestias para salir de dudas.

Resultaba haber sido el terreno donde habíamos pernoctado no una superficie continua como parecia, i mui al contrario, lo surcaban hondonadas i zanjones, bordos medanosos i quebradas hondas a veces difíciles de pasar, i entre unos repliegues, a la distancia ¡un campo verde! . . . i un momento despues, la voz mas acariciadora del desierto. . . ¡agua! . . ¡aagua! . . ¡aaagua! frenéticamente lanzada por los arrieros llegaba como el eco de suprema felicidad hasta mis oidos.

Estimar la distancia así recorrida fué un poco difícil

para recomenzar el itinerario del viaje i seguramente la colocacion de la salvadora vega en el mapa no estará sino aproximada a una regular exactitud.

Los viajeros, sin embargo, la encontrarán fácilmente siguiendo sus indicaciones que corresponden a los oríjenes del Juncalito.

El arte del hidróscopo i su ejercicio se rozan demasiado a menudo en la esploracion de los desiertos con hechos semejantes, i como la materia ha de ocuparnos bajo todos sus aspectos i fases en adelante, se encontrará disculpable el espacio destinado a tales digresiones de mero recuerdo i pasatiempo de viajeros.

D.—Hidroscopia moderna

Signos de antiguo conocidos prevalecen aun entre los buscadores de agua o hidróscopos modernos.

Desde los escritos de Plinio i Vitruvio se hace mérito de ciertas emanaciones del suelo en cuyas profundidades deben de existir aguas aprovechables i al efecto de su descubrimiento recomiendan observar el horizonte ántes de la salida del sol, siendo afirmativo el hecho cuando aparezcan indicios de neblinas o manifestaciones de vapor de agua, como columnas o espirales blanquecinas flotando en la atmósfera.

Tambien se hace referencia al suelo cuando amanece cubierto de escarcha: si se observa una zona de cierta direccion donde esta falta, se atribuye el fenómeno a una corriente subterránea cuyo curso sigue interiormente en el mismo sentido.

La presencia de ciertas plantas era signo mui recomendado, i muchas confirmaciones ha tenido el caso en nuestro desierto con los cachiyuyos, la brea, la cortadera i la chépica.

Otros signos de aspecto físico del terreno, como la disposicion de las quebradas i aspecto topográfico de la rejion, accidentes del fondo o vaguada del valle, etc.; pero hai casos en que tales signos faltan o son contradictorios, i sin embargo en estas condiciones muchos prácticos aciertan con el punto preciso para perforar con éxito el terreno, i contra todas las apariencias i a despecho de todas las reglas, ellos hacen surjir el agua.

La hidroscopia moderna ha perfeccionado en algo los métodos de indagacion de las aguas subterráneas, i todo cuanto se haga por aplicar estos procedimientos al desierto de Atacama, será gasto bastantemente autorizado por el inmenso beneficio de sus probables resultados i trascendencia, así como será tambien justificado por las fundadas presunciones de buen éxito fundado en hechos dignos de atenta consideracion.

Los pozos artesianos, cuya teoría está tan claramente definida, se pueden casi a ciencia cierta perforar con éxito cuando los autorizan i justifican estudios geolójicos bastante bien dirijidos o demostraciones de la existencia de aguas subterráneas en las condiciones requeridas i en bastante evidencia de pruebas bien averiguadas.

Nada se ha indagado al respecto, i no solo en el desierto de Atacama sino en toda la estension del territorio de Chile, ignoramos si se haya emprendido formalmente la perforacion de algun pozo artesiano o, por lo ménos, estudios de algun esperimentado geólogo con tal motivo.

En los caracteres topográficos del terreno, con los Andes nevados por el oriente; el declive del suelo hácia el mar; las cuencas resultantes de la interposicion de cordones trasversales de montañas unidos con los flancos andinos i los de las serranías de la costa

vueltas hácia aquellos, son signos afirmativos en favor del surjimiento de las aguas subterráneas en las condiciones hidrostáticas del pozo artesiano.

I en cuanto a los aspectos geolójicos, si los signos mas característicos no saltan por sí solos a la vista, tampoco hai razon para negarlos, porque no hai estudios i ni las mas someras observaciones han sido hechas en el sentido de resolver problemas de tanta trascendencia como los de alumbrar aguas.

La geología del territorio de Chile no es complicada, porque las líneas de separacion de los terrenos están orientadas segun direcciones fáciles de determinar i la variedad de composicion ofrece suma sencillez, si no en cuanto a la determinacion de sus edades relativas por falta del testimonio irrecusable de los restos orgánicos, a lo ménos en cuanto a descubrir sus caracteres estratigráficos i la composicion mineralógica i constitucion petrográfica, caracteres físicos de las rocas i demas elementos importantes en el problema de las aguas artesianas.

Sea, pues, con el fin de aumentar la dotacion de aguas en el desierto de Atacama mejorando la condicion actual de sus fuentes naturales; de emprender nuevos trabajos para descubrir i alumbrar las aguas ordinarias de pozo o sea tambien para hacer surjir los artesianos, lo urjente i lo mas importante es emprender el estudio razonado, la indagacion científica i las pruebas prácticas de escavacion o de sondaje donde se reunan los signos favorables.

No se trataria de lanzarse al vacío ni de ensayar procedimientos imajinarios o siquiera métodos de estudio sin la necesaria sancion de la esperiencia i las evidencias del éxito en lo posible manifestadas para servir de guia.

En el Sahara africano, idea de lo pavoroso por la

sequedad i donde no llueve tampoco, como en Atacama, el agua subterránea exiśte i la hidroscopia ha sido felizmente aplicada para los efectos de su aprovechamiento.

La espedicion del ejército inglés de Mapier, en Abisinia, segun es sabido, dió lugar a la invencion de los pozos, por eso llamados abisinios o instantáneos, mediante cuyo elemental recurso se hizo surjir el agua salvadora en numerosos puntos i variadas circunstancias, como por obra de encantamiento o de la vara de Moises.

Pero no solo en el desierto árido, sino tambien en pleno jardin europeo, en la misma Francia, donde no faltaban comarcas estériles, el estudio i la observacion han sido capaces de realizar pruebas espléndidas de éxito, como especies de prodijios.

Un hombre eminentemente práctico, el abate Paramelle, nacido indudablemente con la vocacion del arte hidrolójico i ejerciéndolo él mismo con nobles i humanitarios fines durante toda su vida de sacerdocio, escribió, como resultado de su bien adquirida esperiencia, el libro que lleva por título *L'art de decouvrir les sources.*

No incurríamos, con tal motivo, en el comun error de jeneralizar, aplicando a nuestro desierto las mismas reglas, el mismo método de observacion, i deduciendo las mismas conclusiones respecto del modo de buscar las aguas subterráneas i de juzgar con tan certera verdad, como el abate, las probabilidades relativas a su capacidad, calidad, hondura, etc., etc.

El desierto de Atacama se encuentra en condiciones mui diferentes, mui desventajosamente dispuestas por la naturaleza para poder calcular fuentes i hacerlas surjir contando su número a razon de tantos por

hectárea o por kilómetro cuadrado, como en otras rejiones favorecidas sucede.

Pero lo ménos de desear para nuestro desierto seria un Paramelle que lo observara con la misma constancia, atencion i sagacidad con que aquél estudió su departamento del Lot, hasta llegar a conclusiones locales estrañamente infalibles i que aun aplicadas por estension a otras rejiones de la Francia, resultaron tambien con buen éxito.

Una línea mui marcada producida por los planos del contacto geológico entre la formacion granítica i la calcárea jurásica, constituye en el sur de Francia un límite notabilísimo de separacion entre dos rejiones respectivamente caracterizadas por la abundancia de aguas en una de ellas i por la estrema sequedad en la otra.

Arranca esta línea de separacion desde el Mediterráneo, en las inmediaciones de Tolon i cruza el Ródano, jirando al oriente para seguir mas o ménos el curso del rio Lot por su márjen derecha, dejando al oriente las formaciones cristalinas del granito i al oeste las calizas estratificadas del jurásico.

Del lado oriental, los rios, los arroyos, las fuentes i los infinitos surjideros de aguas cristalinas bastantes para fecundizar i embellecer esa privilejiada comarca, miéntras del lado opuesto, en el departamento del Lot e inmediaciones, en una superficie de 80 leguas cuadradas, nada existe de tan benéficos recursos, a escepcion de un riachuelo de cauce seco en gran parte del año.

Era como una tierra maldita donde se moria de sed en medio de la fecunda fertilidad de las tierras colindantes en todas direcciones; tierras en donde el réjimen de las lluvias era sin embargo el mismo de las fértiles rejiones a la redonda, distinguiéndose tan so-

lo, una comarca de la otra, en la composicion geolójica del terreno o sea en la naturaleza de las rocas del suelo.

La humedad i la vejetacion en el granito i otras rocas cristalinas impermeables; la sequedad i la aridez en el terreno calcáreo surcado de litoclasias, con sus resumideros profundos, sus cavernas i antros subterráneos por donde las aguas invisibles corren en rios caudalosos o se detienen i forman estanques i lagos interiores.

Tal fué el hecho observado por Paramelle.

Las aguas de lluvia corrian por sobre la superficie del terreno granítico para reunirse en los cauces o para infiltrarse brevemente en el terreno i reaparecer al aire libre en forma de fuentes o manantiales hácia donde los accidentes del terreno favorecian su alumbramiento.

I al contrario, en el terreno calcáreo, las aguas de lluvia tan abundantes como en la rejion inmediata, desaparecian misteriosamente sin reunirse en rios o arroyos ni reaparecer visiblemente en fuentes o vegas, ni bajo forma alguna que indicara su existencia subterránea.

Desde tiempo inmemorial, toda tentativa en busca de ellas por medio de pozos comunes habia resultado infructuosa, quedando así el profundo convencimiento de estar la rejion del Lot irremisiblemente condenada por la naturaleza a una eterna esterilidad.

Así definido el hecho geolójico, la atencion del hidrólogo debia reconcentrarse en seguida hácia las condiciones topográficas del terreno.

Llanuras o planicies surcadas a largos trechos por el cauce profundo de algunos rios, esterilidad completa sobre aquéllas i ningun indicio de aguas subterráneas ni aun en los pozos desde tiempo inmemorial

conocidos i practicados en toda la estension de su superficie, pero a tanteos, sin razonamiento ni criterio; i sin embargo, en las laderas o faldeos de aquellos valles, abundantes i numerosas fuentes surjian por entre las grietas de ese mismo terreno aumentando con sus caudales el volúmen de los rios.

Luego, estas aguas, sin duda alguna, proceden solo de filtraciones numerosas i producidas sobre una estensa porcion de territorio, no son otra cosa sino las aguas lluvias tan estrañamente absorbidas, evaporadas o desaparecidas sin esplicacion aparente de sobre la superficie de formacion calcárea por donde corren.

Las rocas de tal composicion no son absorbentes o permeables por sí mismas, pero sus quebraduras i grietas profundas cruzadas i entrelazadas en todas direcciones ofreciendo por do quiera invisibles pero espeditos orificios de escape hácia los huecos, grutas i cavernas tan propias del terreno calcáreo, son la causa evidente i única del curioso fenómeno de aquella esterilidad enjendrada en una comarca favorecida no obstante por la naturaleza, con el riego frecuente de abundantes i continuas lluvias.

He ahí la sencilla refleccion de donde el abate Paramelle dedujo despues de una serie de injeniosas observaciones, el descubrimiento de su trascendental teoría.

Sin embargo, solo en llegar a este punto de partida ocupó el ilustre hidrólogo algunos años de paciente estudio.

Quedaba por descubrir el curso subterráneo del sistema hidrográfico de donde alimentaba cada una de las fuentes; faltaba averiguar su profundidad con relacion a la superficie del suelo i calcular aproximadamente el volúmen o caudal de cada vena de agua, por separado o en conjunto.

Como indicio irrecusable de actual i antigua existencia de corrientes de agua en el subsuelo i a diversas profundidades, se ofrecen con profusion en los terrenos calcáreos los característicos resumideros o pozos naturales de forma cilíndrica o cónica sin sujecion al parecer a sistema alguno de distribucion; pero, en realidad, equivalentes a las indicaciones esteriores de otros tantos puntos de una corriente de agua subterránea.

Esté o no ligado la causa de formacion de estas chimeneas o lumbreras de comunicacion al órden de fenómenos de nuturaleza mecánica como los de los temblores, con sus hundimientos i dislocaciones de la corteza terrestre, o resulten de las acciones físicas i químicas productoras de las grutas i cavernas de los terrenos calcáreos, lo ordinario es que tales conductos, abiertos o cerrados, en comunicacion directa o sin relacion alguna aparente con las ocultas corrientes de agua, están invariablemente distribuidos i corresponden punto por punto con el sistema hidrográgráfico subterráneo.

Fuera de estas indicaciones, los pliegues i ondulaciones de la superficie, aunque poco visibles i vagamente definidas, guian con fidelidad i conducen al atento i sagaz observador hasta ponerlo en posesion de la vena de agua i seguirla en todo su curso hasta su oríjen.

Averiguar en seguida la profundidad correspondiente al curso de las aguas seria cuestion de las mas elementales operaciones geométricas i de la plantacion de ciertos hechos jenerales dispuestos por la naturaleza misma para verificarlos.

La inclinacion de las paredes o faldas opuestas de un valle permite determinar sin dificultad la línea de interseccion segun la cual se cortan dos planos en

profundidad, i por otra parte, el grado de inclinacion o pendiente del fondo de un valle lateral no se aparta mucho de la que mantiene aguas arriba desde su confluencia con éste, el cauce principal.

Una nivelacion en este caso para determinar en la superficie las alturas sobre el nivel de la confluencia, i la simple deduccion de la altura correspondiente a la inclinacion subterránea para el lugar correspondiente a la vertical del punto esterior, daria la profundidad aproximada de la vena de agua debajo del local en cuestion.

En cuanto al volúmen o caudal de agua arrastrada, el conocimiento aproximado del agua de lluvia caida, de la estension en superficie abrazada por la cuenca alimentadora, son elementos fácilmente manejables para la habilidad del hidróscopo.

Si tales u otros análogos elementos del arte hidroscópico pueden ser deducidos de la observacion de nuestros territorios en lo que propiamente llamamos todavía Desierto de Atacama, i si serian éstos aprovechables con buen éxito para el objeto de alumbrar aguas, es cuestion dignísima de preocupar en alto grado a particulares i autoridades.

Algo se debe a la iniciativa privada, casi siempre espuesta en el desierto a la vida o la muerte por una gota de agua, i en gran mérito aun cuando lo haga por su propio interes, deberia tenerse a los empresarios de tales obras.

Pero nada, absolutamente nada es debido a la accion de los poderes públicos en favor siquiera de la vida de los viajeros en un desierto a quien la prosperidad del pais i la fortuna fiscal deben su mas abundante fuente de recursos i poderío.

Los casos felices aislados i locales así realizados por la accion de los particulares a veces con tan útiles

resultados i hasta inesperado éxito, no han podido ser aprovechados para deducir reglas jenerales ni dar con un sistema razonado de indagaciones capaz de permitir el buscar aguas interiores con alguna probabilidad de encontrarlas por otro procedimiento ajeno al de simples tanteos, deducciones empíricas, ideas erróneas o disparatadas, como son las de corriente uso.

El agua ha resultado esclusivamente de la natural i feliz circunstancia de encontrarse abundante en los cauces interiores del desierto por donde corren todavía en sus primitivos lechos las aguas de oríjen meteórico condensadas en las cordilleras, i su alumbramiento a la superficie es solo el resultado de la necesidad perentoria de ellas para el industrial dedicado a faenas salitreras o establecimientos metalúrgicos, para el minero fatalmente reducido siquiera a la satisfaccion de sus usos domésticos o para el poblador i el viajero en sus exijencias de la lucha por la vida.

Si uno de los principales objetos que el Gobierno se propuso al mandar esplorar i estudiar el Desierto de Atacama, fué el de decretar los medios de facilitar al viajero, al industrial, al cateador, el acceso a sus rejiones mas desamparadas i desconocidas, no se comprende, entre los diversos trabajos dignos de ser acometidos, ninguno mas fundamental i mas imperiosamente preferible al de un sistema de dotacion de aguas.

Los estudios practicados por la antigua Comision Esploradora de Atacama no han podido tener sino un carácter de investigacion somera, para trasmitir al pais i al Gobierno, en cuanto se relacionaban con los recursos naturales del desierto, la espresion de las circunstancias industriales i condiciones de aprovecha-

miento en que éstos se encontraban i podrian ser desarrollados.

No se debia, por consiguiente, ni habria tampoco la Comision Esploradora del Desierto, por la escasez de su personal i de sus recursos, entrar en trabajos detallados para cada una de las especialidades recomendadas a su estudio.

Sin embargo, la materia hidrográfica, en sus diversas ramificaciones, así como la de hidrocopia que nos ha dado materia para las consideraciones jenerales i hechos que dejamos apuntados, nos permitirá todavía estendernos sobre el mismo importante asunto.

II

METEOROLOGÍA

Conviene tomar por base de observaciones i estudio de la climatología del Desierto i Cordilleras de Atacama, la division natural del territorio de Chile en sus bien determinadas cuatro zonas físicas i de productos del suelo, a saber:

1.ª Zona de bosques i pesquería, abundante en lluvias, correspondiente a las latitudes de Valdivia al sur.

2.ª Zona agrícola, regularmente lluviosa, abundante en rios caudalosos i comprendida entre Valdivia i la provincia de Aconcagua, inclusive.

3.ª Zona mineral i agrícola a la vez, escasa en lluvias pero con algunos rios caudalosos i valles feraces: principia al norte de Aconcagua i termina en el rio de Coquimbo.

4.ª Zona mineral i seca, mucho mas escasa en lluvias, suelo desnudo de vejetacion, cubierto en gran parte de depósitos salinos i abundante en criaderos metálicos: principia en el rio de Coquimbo i abraza todo el resto de la República en su prolongacion al norte.

Siendo esta la zona de nuestro objeto mas inmediato, vamos a considerarla en sus aspectos físicos mas característicos con relacion a las escepcionales condiciones meteorolójicas impuestas en tan estenso territorio por un conjunto de causas variables i múltiples, jenerales o de carácter local, segun los grados de latitud geográfica, topografía del terreno, alturas i direccion o arrumbamiento de los sistemas de montañas.

Los estudios hidrográficos i de física terrestre realizados en nuestras costas apénas contribuyen para establecer los razgos mas jenerales con relacion al clima i los meteoros acuosos, pudiéndose decir que la obra fundamental de Fitz Roy, con sus someras i rápidas observaciones en los detalles, sus errores i deficiencias, es lo único existente todavía como fuente de informacion i consulta.

Mas incompleta i aun a mucho ménos altura de las exijencias modernas se encuentra lo adelantado en cuanto a observaciones meteorolójicas, reduciéndose todo en este importantísimo ramo a las informaciones del Liceo de Copiapó, a algunas otras de oficinas fiscales como en algunos de los faros i a mui pocas debidas a viajeros, naturalmente incompletas, inconexas, distribuidas en una larga serie de años, pero de todas maneras utilizables i dignas de aprecio.

La Comision Esploradora de Atacama contó con algunos instrumentos al iniciar su itinerario de viajes por el desierto, pero en tan pobres condiciones como escasos en número; i sin haber podido reponer los inutilizados en viajes espuestos a tantas i frecuentes ocasiones de destruccion i pérdida, el servicio meteorolójico fué desde su principio irregular i en seguida por completo prescindido, quedando apénas algunos cuadros i apuntes dispersos de cartera como

único material aprovechable ahora despues de algunos años.

A.—CAUSAS I HECHOS JENERALES

Abrazando en su conjunto todo el hemisferio austral se revelan las grandes causas de la climatología en hechos tan fundamentales como el de las diversas zonas de temperatura i de las corrientes atmosféricas: la zona ecuatorial, a la cabeza de nuestro continente, con su suelo calentado alternativamente por un sol vertical i una atmósfera tambien caliente, rarificada i elevándose a las alturas en forma de una corriente ascendente; la zona glacial, al sur, ocupada toda ella por los mares polares con sus hielos flotantes i dispersos témpanos hasta las vecindades del paralelo 50°, bañando la estremidad austral de Sud-América, enfriando el agua, la tierra i la masa de aire; i como consecuencia de esto i a virtud de la lei física, la precipitacion de esta maza de aire, vuelta fria i densa, hácia el norte por «aspiracion», a llenar el vacío dejado en la zona ecuatorial por la elevacion a las alturas del aire caliente i rarificado, i en cambio el acceso de éste hácia el sur por «impulsion»; i por último, la zona intermedia i templada de nuestras latitudes en donde ámbas corrientes atmosféricas se encuentran i se cruzan, la polar i fria por debajo i la ecuatorial i cálida por lo alto, resultando del roce, segun el predominio de la una sobre la otra i segun las circunstancias físicas o topográficas, tiempo seco o húmedo, lluvia o nieve, calma o tempestad.

Los cambios de estacion, el sol, que en su curso anual se reparte entre ámbos hemisferios visitándolos alternativamente hasta los límites tropicales, hace oscilar aquellas masas de aire en un movimiento de vaiven arrastrando consigo las ondas de temperatura i

líneas isotermas de sur a norte i vice-versa con la periodicidad i perpetua sucesion de las revoluciones terrestres al rededor del astro central.

Desde fines del antepasado siglo se ha sostenido sin contradiccion i se ha robustecido con la sancion de la esperiencia i las confirmaciones de la verdad científica, la teoría de los movimientos de la atmósfera producidos por medio de la dilatacion del aire en la zona ecuatorial i su reemplazo por el aire denso i frio de las rejiones polares, produciéndose en ámbos hemisferios corrientes o vientos que parten por elevacion desde el ecuador hácia los polos respectivos para volver rozando la superficie del globo hácia el ecuador otra vez.

Estos movimientos se producirian en direccion de los meridianos terrestres, si la rotacion del planeta, en sentido de este a oeste, no se combinara con ellos produciendo la resultante de los cuadrantes del SE. al NO. para nuestro hemisferio i la del NE. al SO. para el opuesto, respecto de los vientos inferiores, i la diametralmente opuesta para los que corren por elevacion.

En las zonas intermedias de ámbos hemisferios donde estas corrientes atmosféricas se encuentran i confunden, se producirian calmas o vientos débiles i variables, i en las zonas de oríjen del desequilibrio, es decir, en las rejiones ecuatoriales, los vientos serian por impulsion, i al ser reemplazados por las masas de aire frio mas inmediatas que ocuparian el vacío resultante, éstas formarian vientos por aspiracion, mas impetuosos i dominantes, modificándose ademas, alternativa i regularmente, segun el curso anual del sol desde un solsticio al otro.

De esta manera, i si la superficie del globo fuera homojénea o estuviera toda ella ocupada por el agua,

la rejion ecuatorial permaneceria en calma i brisas cálidas, los vientos de latitudes medias, o alisios, así llamados por su regularidad i constancia, envolverian toda la superficie líquida del globo, bañándola de uniforme frescura, miéntras que los contra-alisios, siguiendo por las alturas i descendiendo por las estremidades polares, reproducirian sin cesar la misma constante regularidad de los movimientos atmosféricos.

Pero no siendo homojénea ni en toda su totalidad líquida la superficie del planeta, sino al contrario áspera i rugosa con la alternacion de aguas i tierras, formando éstas estensos continentes i altas montañas, los fenómenos aéreos i con ellos los acuosos i todos los del dominio meteorolójico, se modifican i complican notablemente, a lo ménos dentro de un contorno de tales continentes, subsistiendo la lei jeneral para toda la vasta estension libre de los océanos cuyo imperio rije desde un polo al otro.

Nuestro propio continente, Sud-América, con sus Andes, sus pampas, sus altiplanicies i sus estensas costas, interviene en importante escala a verificar semejantes desequilibrios en la climatolojía universal; mas, en cuanto nos interesa i nos afecta como habitantes de su estremidad meridional i mas especialmente de sus latitudes intermedias, no concretaremos sino a la estension de estas últimas la atencion necesaria para la breve descripcion de sus condiciones climatéricas i los fenómenos hidrolójicos que de ellas derivan.

B.—Distribucion de los vientos reinantes

La estremidad meridional de Sud-América, con sus abiertas costas del Atlántico prolongadas al sur, sus

pampas interminables hasta el pié oriental de los Andes i altas mesetas al centro en el corazon boliviano, es periódicamente bañada por la libre circulacion de los vientos alisios del SE., como se constata con toda evidencia en los respectivos territorios de la Arjentina i de Bolivia.

Pero al llegar estos vientos, ascendentes por el suave declive del territorio oriental hasta las altas cordilleras alzadas hasta 5,000 metros sobre el nivel del mar, quedan como suspendidas sobre el Pacífico i no caen o se precipitan por las abruptas pendientes occidentales, sino se elevan aun mas en la atmósfera, i mediante el grado de temperatura mas elevada que traen desde las aguas i tierras mas calientes de donde proceden, aumenta el enrarecimiento del aire en tales alturas i los vientos logran continuar su curso por elevacion, de SE. a NO., dejando en las rejiones inferiores del lado occidental de los Andes un vacío que se precipita a llenar las masas de aire de las riberas del Pacífico.

Así las altas cordilleras, levantadas como una muralla a lo largo de la orilla occidental del continente, oponen un obstáculo al libre curso de las corrientes aéreas de uno i otro lado i reciben en sus respectivos flancos, por el naciente, el choque de los vientos alisios jenerales, i por el poniente, los vientos locales de las rejiones del Pacífico; siendo entendido que estos vientos no soplan sino por escepcion, de los puntos cardinales opuestos, E. i O., i que los de curso mas costante corresponden a los cuadrantes del SE i del NE. en las llanuras arjentinas i a las del SO. i NE. en el lado de Chile, debidas estas direcciones intermedias a las resultantes de los movimientos atmosféricos que obran alternativamente de uno a otro polo i se combinan con las corrientes en cruz que libremente

dejadas a sí mismas producirian vientos de E. a O. i vice-versa.

Estos últimos son, en efecto, los mas raros: en Arjentina i Bolivia casi nunca se sienten los del oriente i mucho ménos los del poniente. En Chile, los del O. se producen en la transicion de un cuadrante al otro, i los del E. son simplemente los vientos locales nocturnos, terral o puelche, debidos al aire enfriado de las cordilleras en su precipitacion desde las alturas hácia las costas tibias del Pacífico i sus inmediaciones tierra adentro.

Es mera consecuencia del principio fundamental establecido: el aire, cuando se calienta, afluye desde los lugares bajos hácia las alturas, i cuando se enfria, corre desde las alturas hácia los bajos.

Averiguar hasta qué puntos i estensiones son modificados estos movimientos atmosféricos por los relieves topográficos del terreno, es cuestion bastante principal para darse cuenta de los fenómenos climatéricos propios de cada comarca terrestre.

En la estrecha zona correspondiente a la nuestra i aun estendiéndola a toda la angosta i larga faja terrestre desde Magallánes a Panamá, son en parte las cadenas litorales de montañas i tambien las que mas al interior se levantan paralelamente a los Andes, las causas modificadoras del réjimen jeneral de los vientos i de los climas.

Por esto es notable en Chile lo mui marcado de las estaciones de verano e invierno con sus transiciones del calor al frio, con predominio de las corrientes polares cuyo principio entra con la primavera i las frecuentes visitas de los lluviosos vientos del Ecuador en el invierno, siempre mas o ménos violentos i borrascosos.

Cesan estas causas culminantes i vuelve la apasible

alternativa de nuestras brisas de mar con los puelches o terrales, tan conocidos i familiares a todos los habitantes de Chile en sus causas i efectos; soplan durante la noche a consecuencia de haberse enfriado los alisios en las altas cumbres i dejado de correr por las alturas atmosféricas para descender, precipitándose como rios de aire fresco por los valles trasversales i sus afluentes, a veces con inusitada violencia, hasta llegar a la costa maritima e internarse largas distancias mar afuera segun la configuracion local del cordon por donde se abre paso.

Al volver el dia, es asimismo conocido el hecho de las deliciosas brisas de mar o vientos de la costa, tan refrescantes i agradables como benéficas i de oportuno ausilio en las horas de la media tarde, cuando en nuestro desierto refleja ardiente el sol en la deslumbrante blancura de su superficie desnuda i salinosa.

Los aires del océano, en contacto con sus aguas de temperatura mas equilibrada i uniforme, se sienten provocados desde mui temprano a veces para precipitarse en las tales brisas o en vientos, capaces de gran violencia cuando todo a lo largo del estenso valle lonjitudinal el calor adquiere sus estremos de temperatura, en ocasiones hasta treinta i ocho grados centígrados.

Miéntras tanto, al reproducirse este juego diario i eterno de los elementos atmosféricos, i sobre todo a la hora de transicion en las tardes, el espectador goza el aparato grandioso de los cúmulos de nubes llovedizas amontonadas como en inmensos copos de algodon sobre las crestas andinas donde descargan sus nieves o granizo segun las estaciones i aun prodigan mas o ménos aguas i ocasionales lluvias para

nuestro sediento desierto en los oríjenes de su seco sistema de antiguos cauces profundos.

A veces tambien los terrales i puelches son tibios, i aun cuando raro el fenómeno en nuestras latitudes del norte, su esplicacion se encuentra aceptable atribuyéndola a casos de mayor estension i ampliacion de las corrientes alisias que se mezclan, alternan o sostituyen al terral produciendo las alternativas de calor i frio nocturnos.

En el sur de Chile se ha establecido con la aceptacion de los hechos probados en cuanto a los alisios del verano en las pampas arjentinas, el llegar sofocantes i en estremo ardientes a nuestros hermosos bosques australes de las cordilleras levantando de ocho a diez grados la temperatura normal; miéntras en invierno o principios de primavera, al contrario, los alisios han pasado sobre rejiones cubiertas de nieves o a lo ménos heladas, i llegan a las nuestras produciendo tanta baja de temperatura como alza producen en la estacion opuesta.

En el norte, el hecho es exactamente análogo, en menor escala en cuanto a sus efectos meteóricos, pero dejando consecuencias de la mayor importancia i contribuyendo a producir uno de los fenómenos mas característicos e interesantes de la climatolojía terrestre, como las neblinas o camanchacas de la costa.

Su produccion tiene lugar tierra adentro donde el calor del dia ha dejado propicio el suelo para la condensacion en tal abundancia como llegar hasta valer por una lluvia i la tiene en el hermoso familiar espectáculo de las condensaciones en densas nieblas, contra los empinados cerros de la costa, bañándose en ellas desde los pies a la cumbre i todavía sobrando humedades para llevar hasta el ávido desierto a lo léjos.

En cuanto a las lluvias, es interesante estenderse en

consideraciones abrazando las rejiones arjentinas hasta el Atlántico, siquiera porque en nuestra mision de esploradores, los largos viajes i la costumbre de observacion i lectura nos dejan algun provecho para ponerlo al servicio de los demas.

La temperatura media del año en las pampas de Buenos Aires es de 16° a 17° centígrados.

Los vientos reinantes son del NE., SE. i SO., siendo raros los del E. i S., pero mas raros los del O.: siempre la misma causa de los cambios por desviacion i combinaciones de las corrientes de aire para modificar los rumbos fundamentales.

Los mas comunes en las pampas son del SO., alternados con los del NE., sin duda por desviacion de los rumbos meridianos a causa de la rotacion terrestre.

No obstante, de enero a junio impera el N, sin dejar de alternar con los NE., quedando reinante el SE. para los meses de otoño e invierno. El raro es el O.

Esto da como un resultado jeneral de vientos del ecuador o zona tórrida durante el verano; el N., con sus intermedios del NE. i NO. por la mañana, cambiándose por la tarde en polar, hasta la noche, con rayos i truenos; i durante el invierno, al contrario, los ecuatoriales por la tarde i los polares por la mañana.

Los vientos tormentosos son: el pampero (fin de verano i fin de invierno) del SE., viento limpio, i el pampero del SO., viento sucio.

Los primeros son mas frecuentes, simple incremento de los alisios por cambios meteorolójicos; los segundos son raros i producen las características e imponentes tormentas de tierra, lo que les da su nombre.

Con semejante réjimen de corrientes aéreas, las lluvias resultan de los vientos frios del polo en oposicion

a los cálidos i húmedos del ecuador, es decir, los monzones de la zona tórrida.

Con mas jeneralidad las lluvias vienen con los vientos del SE. en verano i del NE. en invierno, casi siempre del oriente, hasta la aparicion del SE. que los disipa produciendo las violentas crísis tormentosas.

En la provincia de Mendoza el clima es mas seco, con mui poca lluvia en verano: los vientos frios del SO. al cruzar de Chile por las cordilleras se despojan de sus humedades dejándolas cubiertas de nieve.

Los vientos son mas tranquilos i regulares, pero tambien levantan tempestades como las producidas por el *zonda*, de procedencia boreal, caliente i sucio.

El O. es aquí mas frecuente, verdadero terral aun cuando su causa parece meramente debida al retroceso del alisio contra las cadenas de cordillera.

En resúmen, en aquellas rejiones de las pampas andinas los vientos jenerales soplan de S. a N. por la mañana, de N. a S. por la tarde, permaneciendo los mas dominantes, como en Chile, los del S. i SO.

Las aparatosas tormentas eléctricas, de lluvias i granizadas son durante la estacion veraniega de noviembre a marzo.

Mas al norte, en la hermosísima provincia de Tucuman, las lluvias son de carácter completamente tropical, pero no llueve en invierno i en su lugar se producen rocíos i escarcha.

Las tormentas de verano vienen con grandes acumulaciones de nubes procedentes del sur, i mediante la estraordinaria cantidad de vapores acuosos de las rejiones del Chaco, aquellas tempestades descargan lluvias escepcionalmente copiosas, dando esto lugar a aquel hermoso jardin tropical engastado en las latitudes medias de nuestro territorio de Atacama.

Con tal réjimen meteorolójico en nuestras vecinda-

des, i ascendiendo los alisios a la cresta i ceja de los Andes, secos o dispuestos a dejar condensadas sus humedades en esas alturas i para arrojarse desde ellas por elevacion hasta mas allá de nuestras costas marítimas, 200 a 1,000 kilómetros océano afuera, nada pueden dejarnos en su contacto con los vientos regulares del NO. que diariamente nos acarician tan solo con el fresco de su procedencia marina.

Así son los hechos desde el Huasco al Loa, i cuando la ceja de las cordilleras o el divorcio de las aguas se estiende, como en el portezuelo de San Francisco, larga distancia al oriente, las consecuencias de la esterilidad las contempla el viajero en el interminable reguero de las osamentas dispersas o cadáveres completos de animales así conservados por efecto de la altura i sequedad allí reinantes.

Siendo así las cosas para los efectos de lluvia en Atacama i todo el norte de Chile por el lado del oriente, no lo son mas favorables por el opuesto.

Los vientos constantes del SO. son secos i los del NO. tambien constantes durante el dia en toda la estremidad norte del desierto donde el terreno se eleva a un término medio de 1,000 metros sobre el mar, no encuentran para su temperatura i condensacion de sus abundantes humedades procedentes de la zona tórrida, suficiente potencia i altura de montañas a la costa, i no alcanzan tampoco a cruzarse por estas lonjitudes del continente con los aires frios de la corriente de Humboldt.

No alcanzan tampoco las causas jenerales de lluvia en las latitudes australes i centrales de nuestro territorio durante los meses de invierno sino en escasísima cantidad i en raras ocasiones hasta Copiapó, ni aun cuando favorecidas con el avance o corrida de los vientos frios hácia el norte en su curso periódico con el

sol desde su solsticio en nuestro hemisferio hácia el opuesto.

Como es sabido, la corriente ascencional del ecuador con los vientos del NO. va i viene con el sol, i al descender o abatirse al llegar al trópico va a chocar con sus humedades a nuestras latitudes de Valparaiso i Aconcagua al sur, i por mas que principiando este fenómeno a avanzar al norte desde el mes de marzo, no alcanza con sus beneficios hasta favorecer las latitudes de Atacama.

No obstante esta condicion de nuestro desierto, condenado a una fatal aridez por causas que enjendran esa esterilidad i quizas la perpetúan mas de dia en dia aumentando en sensibles períodos de la vida humana sus perniciosos efectos, quedan recursos i no faltan medios para mejorar el mal i dotar al desierto, con las pruebas ya espuestas i otras no ménos capaces de grandes e inesperados bienes, de algunos recursos necesarios i facilidades indispensables.

C.—Condiciones físicas i aguas meteóricas en las cordilleras

El orijen directamente meteórico de las aguas procedentes desde las cumbres i recorriendo un suelo de rocas destituido de materias solubles, esplica por si solo la circunstancia de ser puras i límpidas las de corrientes que se desprenden por los flancos de las montañas andinas.

Tambien hai aguas igualmente puras i abundantes en la altiplanicie atacameña en forma de fuentes o manantiales, pero es mas jeneral en éstas el carácter de termalidad i naturaleza mineral. Las aguas estancadas, en pantanos o lagunas sin desagüe, ocupando a veces grande estension superficial i siempre mui poca pro-

fundidad, son salobres i amargas, hecho naturalmente debido a la acumulacion secular de las sales siempre presentes aun cuando en pequeña proporcion en el agua de los rios, siendo en este caso aquellas cuencas cerradas, verdaderas calderas de perpetua evaporacion cuyo contenido líquido ha sido un activo laboratorio de reacciones químicas i acciones físicas, formándose así los últimos sedimentos salinos hoi aprovechados por la industria moderna.

En la rejion central del desierto i en su litoral marítimo no es tan difícil como en la altiplanicie definir i sospechar las variadas formas de la distribucion subterránea de las aguas i las evoluciones de sus movimientos en las profundidades, quedando por lo tanto en mayor oscuridad todavía uno de los problemas mas interesantes de la investigacion geolójica, aun cuando los principios fundamentales de la infiltracion de las aguas en el terreno permanecen los mismos.

Al lado de una fuente termal surje otra en condiciones de temperatura ordinaria i a continuacion de una vertiente de agua potable brotan manantiales salinos i gaseosos; se escapan tumultuosas las aguas o vierten tranquilas; manan con la regularidad de surtidores inagotables o se arrojan intermitentes a la atmósfera en columnas líquidas o de vapor, permaneciendo en tan variados casos unas mismas las condiciones esteriores del suelo donde se producen los fenómenos, i uno mismo para todos ellos el aspecto de la comarca en contorno.

Ciertas aguas manan calientes donde ninguna circunstancia visible las relaciona con los volcanes, i al contrario, surjen subterráneas i frias de donde parece que el fuego inmediato deberia arrojarlas hirviendo.

Aguas de nieve infiltrándose en la corteza helada de cumbres donde se irradian el calor terrestre a 5 i 6

mil metros de altura sobre el nivel del mar, brotan mas abajo calientes i vaporosas, como si en su descenso subterráneo de 1 a 2,000 metros recorrido hasta su base hubiera intervenido la sola lei del crecimiento de temperatura con la profundidad como única i esclusiva causa para producir el sorprendente fenómeno.

I en aparente contradiccion con hechos tan visibles vénse surjir heladas las aguas sobre lo flancos de montañas todavía ardientes en su cima, como si la infiltracion de las condensaciones entregadas por la atmósfera al suelo permeable, ninguna conexion tuviera con las entrañas candentes del cono volcánico.

De estos casos típicos i estremos resultan variedades i términos medios de donde resultan numerosas fuentes, vertientes o aguadas con los caractéres de potables o semi-potables, tranquilas o en ajitacion tumultuosa, dulces o salobres, etc., correspondiendo estas diversas condiciones de existencia a la clasificacion natural de agrupar las aguas subterráneas, segun su manera de salir a la superficie, en manantiales de agua dulce, vertientes minerales termales i geysers.

Pero estos últimos en sus afinidades con los volcanes, son una transicion entre éstos i aquéllas, siendo mui comunes en la altiplanicie andina, tales como los de la cuenca termal de Copacoya, los volcanes de agua i barro en las faldas de Tatio i las fumorolas en actividad por esas mismas inmediaciones, que son ejemplos mui bien definidos.

La configuracion topográfica de aquellas altas mesetas i la estensa superficie abrazada por algunas cuencas, dan la idea de considerables porciones de aguas filtradas, almacenadas subterráneamente dando lugar a tantas perennes i abundantes fuentes de toda especie aun cuando todas obedezcan en su oríjen al mismo principio hidrostático.

Esta idea de abundancia es, sin embargo, relativa, debiéndose tener en cuenta las condiciones meteorolójicas i orográficas de la rejion a que hacemos referencia, ya conocidas, como pertenecientes a las de carácter seco i estéril por la ausencia de vapor acuoso en los vientos reinantes o un suelo ardiente refractario a su condensacion en lluvias.

Estos vientos, que durante el dia soplan de entre los cuadrantes del SO. al NO. siendo por tanto marítimos, pasan con sus vapores acuosos por sobre la superficie caliente del árido suelo del desierto, i al llegar de cordillera en cordillera hasta las mas altas cumbres andinas, no tanto en razon del frio resultante de la elevacion alcanzada sobre el nivel del mar, sino del frio desarrollado por la dilatacion al chocar sobre los flancos de las montañas i ascender rápidamente hácia tales alturas, condensan sus vapores en la forma majestuosa de esas acumulaciones en jigantescos copos esféricos de nítida blancura, tan característicos de las cordilleras del norte en las horas del ocaso.

En la estacion de invierno, el mismo fenómeno toma mayor estension i se prolonga por mas tiempo agregándose a la anterior causa de subsistencia, la mui frecuente en ese tiempo de los helados cerros en las altas rejiones de la atmósfera, dando entónces lugar a la nieve como en verano al granizo.

Concurren los vientos del E. i SE. a la produccion del mismo fenómeno acumulando mas nubes, nieve o granizo en las alturas, i descendiendo despues en densa i helada masa de aire con movimiento hácia el O. dando lugar al invariable terral, quien a su turno encuentra vapores aptos para condensar en las rejiones bajas del desierto central i costa marítima, produciendo las características nieblas o *camanchaca* de cuyo

papel en la formacion de las vertientes hemos de tratar al referirnos a la rejion del desierto central.

El curso de las montañas, necesariamente determinante de las leyes mediante las cuales estos fenómenos meteóricos se rijen, reproduce aquellos hechos o los modifica, sucediendo así que en los cordones de la altiplanicie paralelos a los Andes se repiten sucesiva o simultáneamente de cordillera en cordillera, verificándose las condensaciones sobre la falda vuelta de cara al viento, i se resuelven en diferentes direcciones cuando una orientacion paralela u oblícua les ofrece indistintamente una u otra superficie condensadora, ménos apta para el enfriamiento del vapor por cuanto no eleva, como los obstáculos trasversales, a alturas mayores i de mayor enrarecimiento atmosférico.

Por eso las vertientes de cadenas montañosas vueltas al lado del mar o al O. abundan mas en humedades i manantiales, i si la estratigrafía i accidentes geológicos del terreno no intervinieran para desviar o modificar la circulacion interior de las aguas, el hecho seria aun mucho mas resaltante i de carácter jeneral.

Aunque vamos a tratar en especial de la hidrologia i aguadas de la altiplanicie andina, habiendo ya hecho someras consideraciones sobre tales materias respecto de la rejion marítima i del desierto central, su breve i jeneral reconsideracion se hace necesaria aqui por cuanto en las alturas de los Andes los fenómenos acuosos no son sino el resultado de las causas cuyo oríjen procede de los océanos que por ámbos costados opuestos bañan las playas de la América del Sur.

Por el lado del Pacífico se verifica el hecho notorio de que los vientos reinantes del SO. i del NO. encuentran franco el paso al interior en la rejion de costa marítima donde las montañas son bajas o donde la llanura arenosa i abierta deja aun mas espedito el

campo a esas masas de atmósfera húmeda o tibia que el mar arroja sobre el continente.

Entre Carrizal Bajo i Caldera, el terreno está en tales condiciones, i las nieblas marítimas son impulsadas hácia el oriente, escurriéndose por entre las cañadas i valles, flanqueando las montañas sin ascenderlas hasta sus cimas i cubriendo con albo sudario las planicies, los bajos, quebradas i cañadas tan gratas de contemplar desde las alturas, apareciendo al observador como misteriosamente invadidas por un ajente de los mares en mision benéfica para humedecer el suelo árido i fecundizar la semilla abrazada por las arenas candentes del desierto.

No alcanzan a producir lluvia porque ningun obstáculo abrupto i bastante elevado ha permitido una espansion rápida de enfriamiento bastante para provocarla.

Igual hecho se verifica en todas las secciones de la costa del mar i donde ésta se abre ofreciendo espaciosa entrada o fácil barrera al paso de las nieblas o vapores condensados que los vientos elevan en suspension o la brisa impele en inmensa ola gaseosa de marcha lenta i silenciosa en su escursion nocturna hasta la salida del sol a cuyo calor se disipa en las alturas.

Esto se reproduce sucesivamente despues de Caldera, en la ancha abra de Flamenco, en Chañaral, Taltal i la península de Mejillones, introduciéndose por estas anchas abras de las playas muchas leguas adentro las benéficas camanchacas.

Al contrario, entre una i otra de estas aberturas en la costa o depresion de las montañas que corren orillándola i donde éstas se levantan empinadas excediendo de los mil i mas metros de altura como en el Obispo, Paso Malo,—aun cuando en estas localidades

la estension lonjitudinal es mui reducida,—pero mas notablemente desde el Peralito de Taltal hasta Antofagasta la condensacion de las nieblas se verifica en la vertiente del mar sin dar una precipitacion en lluvia siempre efectiva o completa.

A la altura de aquellas cumbres se suceden nuevas planicies donde los vapores pasan otra vez sin condensacion hasta dar con alguna nueva barrera trasversal favorable, no tanto por su relativa altura sobre el mar cuanto por su abrupta i súbita superficie de dilatacion, para provocar nuevas condensaciones i disiparse en seguida o pasar siempre al oriente, escalando los Andes i aun continuando mas allá cuando los fuertes vientos las impelen hasta las rejiones trasandinas.

Por el lado del Atlántico, en sentido inverso, los alisios o sus variantes del SE. al NE. cruzan las pampas i los bosques pantanosos i calientes del Chaco i chocan contra las barreras del Ambato i el Aconquija, frente a las latitudes australes de nuestra altiplanicie por su estremo sur i su prolongacion segun la sierra de los Calchaquies, al norte, hasta el confin boliviano.

Allí el espectáculo reviste la grandiosidad del vasto escenario en que se exhibe i acentúa con mas pronunciados caractéres lo resaltante de los contrastes.

Basta instalarse en un punto cualquiera de la cresta anticlinal de aquella cordillera rocallosa perteneciente al período de las primitivas formaciones cristalinas del continente, para apreciar de una simple ojeada en contorno, el contraste entre la vertiente espuesta a los vientos del E. donde el paraiso tucumano ostenta en estenso campo verde el lujo de una vejetacion colosal, i la vertiente opuesta, vuelta al OE., donde los rayos del sol ardiente hieren la vista reflejándose en

campo árido de rocas desnudas sobre un fondo blanco de estériles arenales i salinas.

Así, los aires del Atlántico, llevados a nuestros Andes i altiplanicies por efecto de la rotacion terrestre i de las causas varias modificadoras de su curso, llegan secos a sus alturas, densos i helados para producir el terral de las frias noches del desierto atacameño i provocar la mas completa condensacion de los vapores del mar.

La circunstancia de llegar secos estos vientos a la cordillera, si bien es lo ordinario, se modifica frecuentemente en verano como en invierno dando lugar a las granizadas i nevazones, cuyos fenómenos produciéndose en un teatro como la altiplanicie, tan vasto i tan bien preparado para sus efectos en razon de la considerable altura absoluta de su base, así como la relativa de sus cordones montañosos dirijidos de norte a sur, a la manera de otros tantos meridianos terrestres, se resuelven en una cantidad de aguas i de nieves mucho mayor de lo presumible i jeneralmente se cree en razon de las ideas de sequedad i desolacion tan características de aquellas altas rejiones.

Así sucede que los vientos orientales cuando por una u otra razon llegan húmedos a las alturas andinas, al chocar i confundirse con los del oeste, a las horas del sol poniente i disminuir su emision calorífica a la vez de aumentar la irradiacion terrestre, i disminuyendo tambien con el enfriamiento i la contraccion, la capacidad de saturacion del aire, las nubes principian a esas horas a hacerse rápidamente visibles; se aumentan, se acumulan en los picos culminantes, ensanchan desmesuradamente su esfera de accion i concluyen por chocarse unos contra otros los inmensos cúmulos, estallando como en colosal combate de rayos i truenos para resolverse a continuacion en ruidosa grani-

zada i concluir despues en tranquila lluvia i silenciosa caida de la nieve.

No es este el lugar de desarrollar las teorías meteorolójicas i describir las variadas fases de los movimientos atmosféricos i produccion de los meteoros acuosos en las rejiones de nuestro desierto atacameño, pero era necesario fundar siquiera con los grandes rasgos jenerales de la física terrestre en las alturas de las mesetas andinas, la observacion de que su actual desolacion no es solo el resultado de una negacion absoluta de los dones benéficos de la naturaleza, sino tambien una consecuencia que la incuria i el despueble ocasiona en esos páramos, donde el trabajo i la industria tendrian siempre algo por aprovechar i mucho por improvisar.

La altiplanicie atacameña no es una superficie plana como las sábanas o estepas rusas, ni mas o ménos ondulada como las pampas de Buenos Aires, sino una rugosa estension surcada por altos cordones de montañas orientados de norte a sur, i ligados éstos entre sí por brazos trasversales que interceptan la continuidad de los valles en sentido lonjitudinal para dividirlos en figuras poligonales, de donde resultan otras tantas cuencas, cuyo centro es el fondo donde se reunen las aguas sobrantes.

Este fondo se encuentra seco i refleja el color rojizo característico del limo arcilloso de la época aluvial o el blanco nevado de las esflorescencias salinas; o está ocupado por las aguas formando lagunas casi siempre salobres, lodazales o pantanos donde se alimentan plantas i aves acuáticas; crece en partes la grama i se desarrolla lozana formando praderas donde pastan innumerables vicuñas i guanacos, permitiendo tambien al hombre criar los animales del uso doméstico.

Con semejante disposicion topográfica, la formacion de meteoros acuosos se reproduce por doquiera, pero la considerable altura i los frecuentes vientos de gran poder de evaporacion en las condiciones del mayor desarrollo posible de este fenómeno meteorológico, no son las únicas causas de la considerable o casi total desaparicion i pérdida de las aguas producidas por las lluvias i nevadas.

La formacion geológica i naturaleza de las rocas que constituyen las montañas andinas son circunstancias que propenden tambien o determinan inexorablemente el agotamiento de las aguas meteóricas por absorcion o infiltracion.

Por el límite occidental de la altiplanicie las vertientes de la cordillera Domeyko correspondientes al Pacífico, constan a grandes trechos entre las latitudes encerradas dentro de los límites de la hoya del rio de Copiapó, de la formacion calcárea jurásica reconocida como de un poder en alto grado absorbente, debido a las quebraduras i profundas grietas características de ese terreno.

I por el lado de las vertientes orientales del mismo cordon montañoso, dando éstos frente i haciendo parte de una rejion a donde las condiciones de aridez del suelo i sequedad de la atmósfera son mas pronunciadas, se produce tambien el hecho de una porosidad estremada en la naturaleza de las rocas del subsuelo i de las de acarreo i desagregacion que cubren la superficie de los cerros i planicies.

Territorio surcado ademas de grietas profundas abiertas por la fuerza de las dislocaciones terrestres i cubierta posterior o simultáneamente por una innundacion colosal de lavas arrojadas por cientos de volcanes en actividad, sus condiciones de absorcion, debido a la naturaleza porosa de semejante suelo, no

podian producirse sino en un alto grado dando libre paso a las aguas hácia las profundidades subterráneas.

Sepultadas a su vez estas formaciones del período de actividad volcánica, tan jeneral i característico de nuestra altiplanicie en toda su vasta estension, por los acarreos de la demudacion jigantesca que debió de seguirse como resultado de las innundaciones del elemento líquido, nueva formacion, permeable por su oríjen detrítico como por la naturaleza de sus elementos constitutivos, debió de ofrecer siempre espedito el paso i fácil escurrimiento a las aguas esteriores hasta las profundidades hácia donde las solicitaba la fuerza de gravedad terrestre.

Disminuido o cesado a su turno el período de actividad neptúnica, la última i contemporánea denudacion tranquila i lenta de las arcillas en suspension depositadas en delgadas pero consistentes i continuas capas impermeables, ha venido a formar el actual lecho de las someras lagunas o meros pantanos i lodazales del fondo o parte mas baja de las cuencas esparcidas por toda la estension de la altiplanicie atacameña encerradas inflexiblemente dentro de sus respectivos límites orográficos.

La débil i escasa contribucion de agua recibida por la mayor parte de éstas desde las alturas inmediatas por licuacion de las nieves o directamente por las lluvias o nevadas, debe de estinguirse por infiltracion totalmente en el trayecto hasta el centro de la cuenca o llegar hasta allí mui corta porcion de su caudal.

Quedan entónces almacenadas en el seno de las montañas, en sus flancos ocultos bajo el aluvion o en las honduras de los terrenos bajos, cantidades enormes de agua en tales condiciones geolójicas i físicas que hacen imposible su alumbramiento espontáneo por los medios naturales.

La gruesa capa de los aluviones permeables, no permite, por su considerable espesor a las aguas interiores impregnarla i humedecerla hasta el punto de abrirse paso hácia la superficie por efecto de la presion hidrostática que las impele desde sus oríjenes en las alturas, ni por la fuerza absorbente de la capilaridad cuyo papel es tan importante en la hidrología subterránea, aumentándose todavía mas esas resistencias al alumbramiento de las aguas, con la opuesta por la costra de sales minerales i concreciones calcáreas debida a la naturaleza incrustante de algunas aguas i depositada sobre la superficie del terreno, cubriendo a éste como de una coraza solo posible de romper por ciertos líquidos ácidos i corrosivos.

Si no hai otra esplicacion mas plausible, seria de atribuir al ácido bórico la produccion de estos efectos en grande escala reaccionando sobre aquellas concreciones calcáreas para formar los frecuentes i estensos depósitos de borato de calcio que las han reemplazado en casi todas las cuencas conocidas, en algunas total, en otras parcialmente.

Estos casos de surjimiento de las aguas subterráneas revisten las formas variadas i a veces escepcionales de las termas minerales tranquilas, en ebullicion tumultuosa o bajo de la poderosa accion de los vapores comprimidos, pero sin apartarse de los caractéres comunes a esta clase de fenómenos no importan sino un detalle en la demostracion real de la existencia de aguas subterráneas en el seno de las cordilleras i fondo de las cuencas de la altiplanicie.

A este respecto, la cantidad de aguas almacenadas subterráneamente en las cordilleras debe ser tanto mas enorme cuanto ménos lo parece por la aridez del paisaje, la sequedad del clima i la ausencia de lagos profundos i rios caudalosos, pero lo confirma la efectivi-

dad de frecuentes i abundantes granizadas i temporales de nieve, a la vez de una configuracion topográfica i composicion del suelo determinante de una rápida infiltracion, en oposicion a la evaporacion, favorecida tambien por condiciones de activa provocacion i capaz de arrebatar sus humedades al sediento suelo.

El hecho meteorolójico que establece, en igualdad de circunstancias, respecto de las aguas lluvias una mayor proporcion de ellas para la hidrografía esterior que para la infiltracion, miéntras, al contrario, las nieves pagan casi toda su contribucion de agua al subsuelo, desde donde el líquido sigue las vías de la hidrografía subterránea, recibe, en las altiplanicies andinas, la sancion de una realidad incuestionable.

I al aseverar este hecho, puede establecerse a la vez como paralelo en el sentido de la falta de aguas esternas en las cuencas andinas, el de su evaporacion rapidísima en los rios i lagunas, es decir, torrenciales o tranquilas en su curso sobre los cauces o fondos de terreno impermeable.

El agua esterior visible en corrientes desprendidas de las montañas, está siempre en proporcion mucho menor a la correspondiente al total de la contenida en los hidrometeoros que la precipitan sobre una hoya o cuenca hidrográfica dada; este es un principio de hidrolojía cuya aplicacion en las altiplanicies andinas se verifica en un grado escepcionalmente exacto.

Si en la apreciacion mas aceptable de esa proporcion se estima por término medio para una cuenca él no arroja en aguas sobrantes de sus rios mas de un veinte por ciento del total de aguas meteóricas recibidas, es probable, tratándose de aquellas alturas, i sobre tan poroso i absorbente terreno, un aprovechamiento de precipitacion de los rios i corrientes visibles no mayor de un décimo de la precipitacion meteórica.

Las tres distintas formas en que las aguas caidas en las cordilleras de Atacama—infiltracion, evaporacion i aguas de rio—se resuelven i distribuyen para volver a su primitivo oríjen i continuar en el círculo eterno de sus evoluciones, sufren allí las indispensables modificaciones de la naturaleza del suelo i de las condiciones atmosféricas.

Si de los esperimentos de Dalton i otros físicos puede deducirse que no ménos de un tercio del producido de los hidrometeoros es absorbido por infiltracion en el subsuelo, distribuyéndose el resto entre el tributo i devolucion a la atmósfera, i la vuelta al seno comun del océano i de los lagos en aguas de rio, todavía se puede aplicar en favor del poder absorbente del terreno de nuestra altiplanicie, el exceso que corresponde a la escepcional porosidad del detrítus volcánico i la cantidad ahorrada por la absorcion de las plantas de cuya presencia aquel suelo carece por completo.

Es admitido como factor importantísimo en el consumo del agua infiltrada en el terreno, el relativo a la nutricion de los vejetales, i su supresion, por ausencia de toda vejetacion en las planicies i vertientes de las cordilleras no tomando en cuenta sus esporádicas i reducidas vegas, es un valor de mas en abono de la infiltracion.

Por otra parte, la circunstancia de ser un suelo cubierto de vejetacion forestal o herbácea un medio de preservacion de la humedad contra la evaporacion por efecto del calor solar, tiene ménos importancia en aquellas altas rejiones donde el calor es débil, siendo mucho mas importante, como causa de evaporacion, la accion de los vientos.

Pero al mismo tiempo la evaporacion sufre tambien

la influencia de ajentes i condiciones opuestas i dificultosas a su desarrollo.

El rocío es favorecido por el excesivo enfriamiento de la superficie, i de su indispensable condensacion en escarcha, resulta mayor tributo de aguas para el suelo que para la atmósfera, por efecto de tener lugar la licuacion en las primeras horas del dia, en un medio todavía helado i tranquilo, siendo un hecho constante característico de las cordilleras la calma de la montaña i la intensidad del hielo de la aurora, como si aumentara mas bien de disminuir, a medida de la difusion de la luz i su calor del sol, sintiéndose como si el suelo se lo absorbiera todo arrebatándolo al aire ambiente.

Mas tarde, avanzando el dia hácia el meridiano, las circunstancias cambian i los fenómenos meteorolójicos se resuelven en las condiciones correspondientes al estado normal del aire particularmente seco de las mesetas andinas.

En tales condiciones, es sabido, las alternativas estremas de temperatura son un lójico resultado del natural fenómeno.

El calor en el medio dia i durante las horas que la preceden i siguen de cerca, eleva a su máximo la temperatura del suelo, i durante la noche, ese mismo calor absorbido es difundido en el espacio i la temperatura desciende a su mínimo, i miéntras mayor es la altura i mas seco es el aire, tanto mas grande es la diferencia entre el estremo frio i el estremo calor.

Es asimismo mui conocida de los habitantes de abajo, en el desierto central, en Atacama o en Tarapacá, durante los dias en que la atmósfera está seca o poco impregnada de las humedades del mar, la estremada diferencia intermedia entre el sofocante calor del dia i el intenso frio de la noche.

Entra entónces la naturaleza misma a establecer compensaciones para restablecer el equilibrio de las fuerzas físicas e impide por medio del rocío i la escarcha la irradiacion sin contrapeso a los espacios, verificándose con mayor enerjia la fuerza compensadora en las altas rejiones, hácia donde se encumbran solemnes i grandiosas, las moles colosales de nuestros Andes atacameños.

Las modificaciones aplicables a estos hechos, solo los afectan parcialmente, i la realidad de ellos, así como la verdad de la teoría, a la vez se comprueba la aseveracion práctica de ser la mayor suma de agua resultante de los hidrometeoros absorbida por infiltracion en el terreno de las alturas andinas, confirman tambien en la idea de que los efectos opuestos del calor solar i del calor terrestre, se resuelven en un exceso de temperatura en favor de la tierra por el calor de absorcion de ésta, comparado con el de su exhalacion.

Si la evaporacion es débil en las alturas, en razon de las causas espuestas, en las partes bajas, donde se acumulan i estienden las aguas formando las cuencas de las salinas, lagunas o pantanos, es abundante i rápida.

El calor, por la configuracion topográfica, se reconcentra mas; la temperatura del aire ambiente en contacto con el agua, que sufre ménos enfriamiènto nocturno, es mayor, i los vientos, que ajitan su superficie i arrastran rápidamente los vapores producidos, se agregan a aquellas i otras causas para producir la agotadora evaporacion sufrida por las aguas superficiales o esteriores de las cordilleras.

Repetimos nuestra aseveracion de tener por una parte mui mínima de la cantidad total del agua caida en forma de hidrometeoro, i aun la de ser esta míni-

ma porcion reducida todavía mas por una activa evaporacion, siendo lo único restante como caudal de aguas posibles de volver a seguir el camino de su primitivo oríjen hácia el mar, o ser aprovechado en el trayecto a los fines i necesidades del hombre, las del derretimiento de las nieves i escarchas, factores sin duda relativamente considerables en Atacama.

La rejion de las altiplanicies, debe entónces de contener en su seno almacenada el agua en grandes i prodijiosas cantidades, hecho sobre el cual tenemos todavía algunas observaciónes mas concretas para hacerlas servir en este estudio.

III

CONDICIONES

GEOLÓGICAS I TOPOGRÁFICAS DEL DESIERTO CON RELACION A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

A.—Geognosia i réjimen hidrolójico interno

No consiste el medio de alumbrar aguas en una simple operacion de tanteos en que la casualidad o ciertas ideas vagas e inconscientes desempeñan el principal papel.

Es bastante jeneral el prurito de negar o poner a lo ménos en duda la eficacia de las teorías científicas en la solucion de problemas industriales cuando no están éstos a prueba de la precision del cálculo aritmético con sus resultados concretos o numéricos.

Se olvida con frecuencia dar a todas aquellas reglas bien definidas i sancionadas ya por probada esperiencia, el oríjen científico de donde proceden; i los aficionados o prácticos como a sí mismos les complace llamarse, se sirven de ellas empíricamente pretendiendo desconocer la ciencia de donde derivan las mismas fórmulas, coeficientes i procedimientos cuya aplicacion esplotan i aprovechan.

La evidencia, cuando los signos esteriores acusan la presencia del agua, o la presuncion de ella, fundada en hechos fáciles de verificar o interpretar con acierto i con buen éxito, no necesita del guia científico, pero en la jeneralidad de los casos oscuros o difíciles, solo la ciencia geolójica con sus métodos de observacion, sus principios ineludibles i sus procedimientos bien establecidos, es capaz de encontrar la solucion apetecible.

La geognosia, sobre todo, dando a conocer los terrenos, describiéndolos en sus caracteres esteriores i juzgando por medio de éstos los que permanecen invisibles, es mas directamente la parte de la geolojía aplicable al descubrimiento de las aguas subterráneas.

No se considera por todos haber mérito bastante para tomarse demasiado trabajo, i pueden dudar de la eficacia de los principios o hechos geognósticos como medio de inspeccionar el terreno con resultados prácticos.

Así se comprende jeneralmente i asi se procede, sentenciando en seguida si hai agua o si no la hai, sin mas trámite. I por esto acontece a la ciencia i sus teorías caer en fracaso o sufrir despretijio cuando se procede en su nombre sin establecer la razon de sus conclusiones ni exhibir los trabajos emprendidos para su demostracion.

Nó, los hechos geognósticos no se resuelven como el triángulo geométrico, deduciendo la certidumbre matemática por medio de ciertos elementos conocidos, ni se descubren mediante simples conjeturas i deducciones por afinidades o semejanzas de unos terrenos con otros sino hasta cierto punto.

Así se podria suponer para los manantiales del rio de Copiapó surjentes de entre los planos de contacto de las calizas liásicas con terrenos de pórfidos arcillo-

sos, como asimismo los salidos de entre las estratas de esta última formacion en diversas condiciones que deberian reproducirse paralelamente en las quebradas de Garin, del Romero i otras, lo cual, sin embargo, no sucede.

La comparacion de semejanzas, cuando se tiene la esperiencia de una localidad mui bien estudiada, es utilísima, pero no dispensa del estudio atento, concienzudo i paciente del local en donde se trata de descubrir i sus alrededores.

Donde surje una fuente, la observacion descubre siempre una capa o un lecho impermeable por donde corre el agua cuando el terreno es estratificado; i cuando es de rocas cristalinas, se nota que la capa permeable de terreno descompuesto es delgado i el lecho del agua no va mas alta de la somera profundidad a donde se encuentra la roca sana, que no ha sufrido aun las influencias atmosféricas que la desagregan i destruyen (1).

Fuera de estos dos casos jenerales la interposicion de un dike, la existencia de una falla, la juntura de los planos de contacto entre dos formaciones diferentes, o algun otro accidente eventual, determinan casi siempre el alumbramiento de aguas subterráneas.

Casi todos los nacimientos del rio de Copiapó yacen en las condiciones del primer caso, infiltrándose las aguas de nieve por entre las estratificaciones de terrenos arenoso arcillosos con sus cabezas o aflora-

(1) Mui característicos ejemplos de esto se ven en algunos puntos del centro de Chile, como en el pintoresco Quilpué, provincia de Valparaiso, donde una abundante capa de aguas preáticas se mantiene empapando como una esponja el granito descompuesto de la superficie i se detiene donde la roca recobra su estado sano.

mientos de sus estratas al pié de las faldas o contrafuertes andinos, dando allí lugar a las primeras vegas.

En los demas casos de manantiales, humedades o vegas en el curso del mismo rio hácia el mar, son las segundas condiciones las mas frecuentes, como en la vega de la ciudad misma de Copiapó, formada por las aguas estancadas i detenidas como por una barrera detras de un dike o falla cruzada a traves del valle, o tambien en la formacion detrítica de arenas i gredas depositadas en el lecho de antiguo estuario del rio, internado como espacioso brazo de mar probablemente hasta la punta de Linderos, formando playas i ensenadas hácia los lados de Toledo i Chamonate.

Entre los meteoros arenosos, la lluvia, las neblinas i las nieves, la primavera no tiene lugar en el Desierto de Atacama, como es sabido, sino parcialmente i en determinadas localidades de no mui estensa superficie.

Su consideracion no tiene, por consiguiente, lugar prominente en las teorías o presunciones acerca de la existencia de aguas subterráneas en el árido territorio atacameño.

Pero las neblinas indudablemente constituyen un factor importante a este respecto, en la rejion marítima i aun en el valle central lonjitudinal.

I en tercero i principal lugar son las nieves de cordillera i las corrientes resultantes de su derretimiento, los oríjenes del agua circulante o de pié tan relativamente abundante en los cauces interiores o cuencas invisibles de donde jenerosa se brinda para el uso de los pobladores e industriales del desierto.

La constitucion geognóstica del territorio de nuestra referencia, o sea su composicion mineral, o mas bien su naturaleza petrográfica, así como los caracte-

res geonómicos referentes a la estructura de los terrenos i formaciones, son los grandes rasgos de su fisonomía física i de su composicion geolójica necesarios de observar i tomar en consideracion para esplicarse i definir las condiciones del suelo con relacion a sus aptitudes de infiltracion o absorbentes propias para contener en su seno las aguas de oríjen meteórico.

La clasificacion mas jeneral de las rocas con relacion a su permeabilidad está bien justificada en cuanto a las areniscas i rocas silíceas siempre de naturaleza secas i áridas, como asimismo las calcáreas por cuyas abiertas grietas i trizaduras dejan pasar toda el agua que les cae, i tambien las rocas de oríjen volcánico mas o ménos fáciles de penetracion a traves de su esponjosa masa; al paso que las tierras arcillosas o formaciones estratificadas donde alternan capas de greda o aluminosas, son las por naturaleza higroscópicas i esencialmente húmedas o acuosas.

Las rocas graníticas, porfídicas i demas de estructura cristalina inadecuadas para contener grandes capas subterráneas de agua, no constituyen, como jeneralmente se cree, los potentes macizos montañeses de las altas cordilleras, sino sus alturas culminantes i en parte sus ejes anticlinales i contra-fuertes mas considerables. I esto, todavía, solo en la rejion austral de nuestro desierto, en los departamentos de Vallenar i Copiapó, hasta el portezuelo de Pircas Negras, o sea mas o ménos el paralelo de 27°, desde cuya latitud al norte, las altas cordilleras i sus ramificaciones constan mas esclusivamente de traquitas, andesitas, lavas i demas deyecciones de la estupenda i prolongada accion volcánica que dió en los últimos tiempos geolójicos su característica fisonomía actual a la rejion de las mesetas andinas.

Se podria circunscribir a solo los nacimientos, i a

trechos, al curso de algunas de las quebradas afluentes de la hoya hidrográfica de la Jarilla, en el Huasco, como única estension a donde las formaciones graníticas no dan curso interior i profundo a las aguas meteóricas, pudiéndose sospechar no mas caudales de allí procedentes, que los de las someras humedades corrientes a la vista por las laderas de aquellos valles.

Los nacimientos de otras quebradas pertenecientes, como la Jarilla, a la gran cuenca del Totoral, o sean los Sapos i Yerba Buena, no tienen sus oríjenes en la cordillera de los Andes, sino en las faldas occidentales de la correspondiente pared del rio i valle de Manflas por ese lado, cuyas cumbres i rejion toda, consta de las formaciones estratificadas de composicion metamórfica i porfídico-arcillosa en diversos grados de constitucion petrográfica junto con los característicos conglomerados i brechas, porfiditas i andesitas.

La variedad de esta formacion no permite hablar de ella en sentido jeneral respecto de sus condiciones hidrolójicas, pero los signos se descubren a la simple vista en la composicion o estructura mas o ménos arcillosa característica, ademas por su color rojo o borra de vino, en rocas esparcidas por muchas partes como composicion dominante de suelo.

Mui a menudo las estratas son permeables en alto grado, pero en las junturas o planos de contacto se interpone, como cemento, una costra de greda por donde se produce el alumbramiento del agua siempre en el sentido de la pendiente o buzamiento de las estratas.

En ciertos puntos de esta misma formacion, o sea en los bancos o secciones de ella misma donde asume un carácter mas cristalino, decididamente porfídico i homojéneo, las filtraciones de agua se producen como

en las rocas litoclásicas donde accidentalmente el terreno ha sufrido profundas dislocaciones.

A estas dos condiciones petrográficas de la estensa formacion metamórfica porfídica corresponden respectivamente las aguadas existentes en los flancos de las quebradas donde el sentido del buzamiento de las estratas favorece su alumbramiento, i aquellas cuyo alumbramiento viene como de pié, por efecto de alguna especie de sifones naturales u otros medios difíciles de esplicarse i corresponden a los locales donde el valle o quebrada se encajona, reduciéndose a simples grietas o quebraduras del terreno.

No se consideran, naturalmente, entre las aguas de esta procedencia, las que revientan en el lecho de las quebradas por efecto de las diferencias de nivel que hacen alternativamente surjir i sumerjirse a las aguas del arroyo subterráneo cuyo curso va por el fondo o vaguada del valle.

Estos casos se relacionan con las designaciones de *cajon*, *cajoncito*, *troya*, *cañon*, *angostura*, etc., aplicables a tantos lugares quebrados de las serranías del Desierto, como los que abundan en las hoyas del Totoral, hácia la costa, en sus nacimientos de los Sapos, Potrerillos, Carrizo, etc.; las mui características de Loros a Cerro Blanco i Loros a Lomas Bayas en el valle de Copiapó; las de Serna i Carrizalillo en el de Cerrillos; las de Cajoncito, afluente de Chañaral Alto; Agua Dulce i otros del Salado; Doña Ines, Carrizo i la Cruz, etc., etc.

Mas al norte, cambia la fisonomía topográfica del terreno i esta clase de accidentes desaparece reemplazada por los valles mas anchos i de paredes mas blandas, mas terrosas, como Juncal, Chaco i Vaquillas, sucediéndose despues los faldeos suaves i llanuras inclinadas, sin prolongados cordones trasversales ni

cauces profundos en toda la estensa rejion así continuada hasta Caracoles i el Loa, donde las aguas del subsuelo no tienen esas vías naturales para salir a luz.

Refiriéndonos otra vez a las estratificaciones de carácter arcilloso, de consistencia mas térrea, desagregada i porosa, encontraremos numerosos casos de interes para el conocimiento hidrolójico de estos terrenos.

La cuenca en forma de fondo de lago correspondiente al llano de Varas, inclinado, por efecto de la denudacion, de norte a sur hasta el boqueron de Púquios; con su cabeza en las estremidades del cerro del Bonete, Humito i Pingo, i sus piés en Cachiyuyo i el mismo citado Púquios, por cuyo boquete profundamente abierto, se produjo su desagüe, ofrece un caso de los mas interesante para el observador hidróscopo.

Los contornos de la cuenca constan de rocas cristalinas sieníticas por el sur; formacion arcillosa estratificada, i formacion calcárea por el oeste; campos abiertos lijeramente inclinados por el norte, i formaciones arcillosas estratificadas, metamórficas, por el oriente en toda su estension hasta juntarse con formacion calcárea en el boquete de desagüe donde alumbran las aguas formando la vega de Púquios.

Ahora bien, del lado sur, del oeste i del norte, no pueden caer aguas de infiltracion al fondo subterráneo del lago, porque. en una sequedad absoluta i permanente, no llegan ni las neblinas del mar a humedecer aquellas tierras.

No obstante, ese fondo está ocupado por una profunda capa de agua excelente, i no queda sino el borde del naciente por donde suponer los grandes recipientes de las aguas de infiltracion, abiertos, sin duda alguna, desde las alturas de la cordillera Domeyko i

de los valles andinos de mas adentro i por las estribaciones de la misma cadena en direccion al valle lonjitudinal del desierto.

Efectivamente, el cordon arcilloso i de areniscas de Fraga i San Andres es prolongacion del brazo desprendido desde gran distancia al naciente enlazándose por medio del Valiente con el gran macizo de cerro Bravo, altura culminante de la cordillera Domeyko donde cae alguna nieve i se condensan abundantes humedades.

Un estudio especialmente contraido a la esplicacion de estos hechos demostraria si de la misma procedencia resultan las aguas subterráneas del llano del Inca, en caso idéntico al de Varas, teniendo éste sus desagües en las vertientes de Chañarcito i otras no visibles de donde las vaguadas subterráneas conducen las aguas hácia el mar por la espaciosa quebrada del Salado, así como las de Púquios se infiltran en la del Despoblado de Paipote i no pueden detenerse hasta su destino en el mar.

Si igual constitucion geognóstica del terreno se estiende al sur en los estribos i brazos que de la misma cordillera Domeyko se desprenden hácia el oeste hasta morir en los flancos orientales de la dicha quebrada de Paipote, fácilmente se podria deducir la probabilidad de ser el profundo cauce subterráneo de ese gran valle seco superficialmente, lecho de algun rio caudaloso i quién sabe si desbordado en sábanas de agua estensa como lagos.

En el largo trayecto de su orijen meteórico en las cordilleras, las aguas atraviesan sucesivamente las estratas permeables i corren por sobre las impermeables, dando lugar a las escasas vertientes de los flancos, como ocurre en las quebradas del Romero, Garin, etc., fenómeno que es carácterístico de todos los te-

rrenos donde las capas de arena u otras rocas porosas alternan con las de greda. I sea debido a la poca estension de superficie mojada o a las influencias de la evaporacion en capas de agua existentes a poca hondura subterránea, las fuentes resultantes son siempre intermitentes i de pequeño caudal, siendo lo evidente, impuesto por la lójica de los hechos naturales i por la esperiencia de la observacion, que las aguas de las capas profundas son a la vez mas constantes en su curso i mas abundantes que las superficiales.

Siendo, por lo tanto, verdad demostrada por los hechos i consecuencia lójica de la composicion geognóstica del territorio de Atacama, la existencia de capas abundantes de agua en el fondo de las cuencas, debajo de las áridas travesías del desierto, desde el Huasco al Loa, débese admitir su oríjen como directamente procedente de las nieves de cordillera, infiltradas a medida de su licuacion en un terreno permeable por el cual se abren paso verticalmente hasta grandes profundidades.

B.—ANTIGUA CLIMATOLOGÍA

Es de manifiesta evidencia el cambio o trasformaciones de la meteorología del desierto, totalmente desde los últimos tiempos de actividad neptúnica, cuyos restos e impresiones se conservan frescas e intactas como si desde apénas algunos años dataran los irrecusables testimonios de sus huellas profundas en los cauces i surcos de los valles, i las señales del curso de los hielos o ventisqueros en las montañas.

Esta accion no habia cesado aun dentro del período propiamente dicho cuartenario o postplioceno, sino prolongádose hasta despues, sea sin solucion de continuidad o despues de algun tiempo de calma,

hasta las épocas contemporáneas o recientes. Esto está demostrado por los grandes desmontes de ripio con fragmentos angulosos depositados sobre los aluviones cuartenarios en la desembocadura de cada quebrada lateral de las tributarias a los valles principales.

Estas nuevas inundaciones no han tenido el carácter de grandiosidad en las proporciones de estupenda escala propias de las evoluciones geolójicas de todas las edades; pueden haber tenido su oríjen en fenómenos glaciales de detalle o en pequeña escala, como posiblemente se produjeron en las cordilleras despues de esa época geolójica, i en lluvias abundantes aunque de fuerza ordinaria dentro del valle lonjitudinal i rejion de la costa marítima.

Que esas lluvias han tenido lugar en época relativamente reciente, está demostrado tambien con los restos de vejetacion esparcidos por toda la superficie de las serranías del desierto; restos invisibles, porque las ramas i follaje de esa vejetacion ha caido i desaparecido en polvos arrebatados por el viento, dejando como recuerdo solo el tronco i las raices.

Ningun vestijio visible queda de esa pasada éra de fertilidad i verdura: solo la ve o adivina la sagacidad del leñador, que esplota como una mina de combustible, inagotable, esos restos de la antigua exuberancia del Desierto.

Obsérvense, por otra parte, aquellos terrenos de composicion terrosa, como los tufos traquíticos, las areniscas arcillosas, los grandes bancos de aluvion, i resaltará en el acto el espectáculo estraño i de tanto motivo de atencion para el viajero, ofreciendo a su vista esos hacinamientos de columnas pertenecientes a un órden de arquitectura natural; algunas sosteniendo sobre su cabeza fragmentos de un friso o el

arranque de un arco; a veces dispuestas en fila como galerías de un claustro, i presentando en el conjunto el aspecto de una ciudad en ruinas; i así, por donde el terreno ha ofrecido poca resistencia a la erosion, ha quedado en esas impresiones i curiosos aspectos el testimonio irrecusable de la abundancia de las lluvias en los tiempos prehistóricos.

Tenemos entónces a nuestro desierto atacameño en las mismas o mejores condiciones de otras comarcas actualmente secas, áridas i desoladas, tambien con análogas manifestaciones de haber sido lluviosas i fértiles en épocas mas o ménos remotas.

El desierto africano de Sahara no está, como el de Atacama, recostado al pié de una colosal cadena de montañas nevadas, i sin embargo, i aunque no llueve tampoco allí, no sufre de una absoluta falta de agua, como es sabido, recibiéndola desde remota distancia subterráneamente.

Sus dunas o arenas viajeras, como nuestros arenales de la costa marítima, se internan en partes hasta la rejion central; sus lagos de salmuera son las cuencas secas de nuestros salares, húmedos todavía en la planicie andina; sus *oasis* son nuestras vegas i aguadas; sus *mares*, *behours*, de agua profunda, verde intenso, existen tambien entre nosotros en los huecos profundos de Aguas Blancas i en los *sumideros* del Salado, afluente del Loa, frios i dulces, hirvientes i salados como en Copacoya, con sus bocas rasas al nivel del suelo o rodeadas de un cono o fragmento de un bordo o coronas de formas caprichosas, levantadas bruscamente; tambien los mamelones cónicos con sus surjideros frios o calientes en la cumbre; i en fin sus corrientes subterráneas manifestándose por entre las estratas de arena i margosas de los terrenos terciarios,

alumbrando fuentes i vertientes de 50, 100 i 200 litros de agua por segundo.

En cuántos puntos de este abandonado Sahara atacameño estarán pugnando por surjir otros tantos veneros abundantes de agua potable contenida entre las estratas de las areniscas permeables alternadas con las de greda, es materia por demas interesante de averiguar.

El sistema orográfico estaba ya definitivamente trazado hácia la época de los aluviones postpliocenos, i depositados tambien los aluviones antiguos posteriormente socavados i trasportados por los torrentes mas recientes, dejando solo los restos a trechos i en angostas zonas todavía existentes a media falda o en las crestas de los cordones orográficos del desierto.

Asimismo, el sistema hidrográfico, consecuencia natural de aquél, sino definitivamente distribuido en su sistema actual, principiaba a diseñar la topografía del terreno destinado a recibir despues, durante la época glacial, importantes modificaciones.

Los levantamientos bruscos o lentos, pero evidentemente correlativos a períodos de emersion del continente, tan visibles en los escalones que a modo de anfiteatro se ven ascender desde las actuales playas hácia el interior o tierra adentro, seguidos de períodos tranquilos, son fenómenos alternativos capaces de haber producido tambien alternativamente, por la accion de los torrentes, los profundos movimientos de relleno i denudacion en los aluviones antiguos cuyos hechos se constatan en la sucesion geológica de la formacion de nuestros valles.

La topografía del terreno quedó así, despues de aquellas épocas torrenciales, durante el tiempo frio i seco indudablemente, sobrevenido i sin alcanzar a ser modificada por el período húmedo mas reciente, obe-

deciendo al sistema jeneral orográfico determinado por los rasgos principales, i a la distribucion hidrográfica asumida en su definitiva forma.

Los ejes de montañas invariablemente dirijidos de norte a sur, con sus estribos o brazos trasversales compeliendo a las aguas en un sentido jeneral de direccion hácia el oeste, acabaron por imprimir a este territorio la fisonomía ya ántes definida en confirmacion de lo dicho por el doctor Philippi, como un plano suavemente inclinado hácia el océano.

Los perfiles o cortes trasversales del terreno trazado en diferentes latitudes para demostrar gráficamente sus caracteres topográficos, esplican las condiciones de verificacion de estos hechos, i consultándolos se ahorra el tiempo o espacio necesario para demostrarlo descriptivamente.

Así conocidos los rasgos jenerales de la geolojía i topografía del desierto en su fisonomía jeneral, faltaria el estudio atento i cuidadoso de la estratigrafía i la apreciacion exacta de los detalles topográficos esteriores para deducir de ellos los inferiores o subterráneos.

Estos estudios indispensables, lo repetimos, para poder guiar con razonado criterio i fundadas presunciones al hidróscopo, serian materia de un sistema especial de trabajos quizas fatigosos, por el celo i contraccion a que obligan, pero jamas las dificultades serian razon contra el patriotismo e intelijencia de nuestros injenieros, ni los gastos del Estado motivo aceptable para negar al norte de Chile el beneficio inmenso de aprovechar el agua allí reservada i oculta por la naturaleza en sus senos de roca, como el tesoro de sus metales con tantos afanes anhelado i perseguido.

IV

LAS AGUADAS

EN EL DESIERTO

A.—Definicion i clasificacion de las aguadas

En punto cualquiera donde produzca un salto o brusco desnivel en la pendiente uniforme de un valle o quebrada; donde la configuracion del terreno se manifiesta accidentada por grietas profundas abiertas en terreno cristalino; donde la horizontalidad del piso en las quebradas anuncia descanso o estancamiento de las corrientes subterráneas i con mayor razon donde a la vez de este signo las humedades i la vejetacion las denuncian; donde la desembocadura de los valles se estrecha i agarganta como al llegar al litoral marítimo, a los pies del cordon de la costa, en la ribera misma del mar i a veces en el valle lonjitudinal donde ningun signo físico ni topográfico esterior ofrece probabilidades, el agua surje espontáneamente o se alcanza a mas o ménos hondura.

En el desierto de Atacama, al contrario de lo jeneralmente admitido, no se carece del agua en absoluto, i quizá en verdad puede esperarse encontrarla donde

se le busque, siendo todo cuestion de alguna sagacidad i de la necesaria constancia para perforar en profundidad.

En el llano de Varas, donde el desierto se ostenta en toda su adusta desnudez, por el silencio i la esterilidad; en toda esa estensa rejion donde nada hace sospechar la existencia de aguas subterráneas, yace un verdadero mar interior, bien reconocido por su estremidad sur, alcanzándose agua a los 30 metros, i por el estremo opuesto en el Pique de la Buena Esperanza, hácia el norte, a mayor hondura, a los 200 metros, surjiendo el líquido inagotatable por la cantidad e inmejorable por la calidad.

Obedeciendo a cierta manera de distribucion, las aguadas del desierto siguen las líneas de los grandes rasgos de su fisonomía física.

Escluyendo de esta descripcion las altiplanicies de cordillera donde el réjimen de las aguas es diferente i su existencia mas frecuente, la distribucion de las aguadas del desierto queda entónces comprendida dentro de los límites determinados por la costa marítima al oeste i la cordillera Domeyko por el este, con la larga zona del valle lonjitudinal en el intermedio.

No incluimos dentro de la categoría de *aguadas* propiamente dichas, los arroyos, vegas o entensos pantanos de los valles pertenecientes al sistema de los rios de curso continuo i constante como los del Huasco, Copiapó i el Loa.

La *Aguada*, en Atacama, es la fuente natural de oríjen espontáneo, así como la artificialmente puesta a luz por cualquier medio, i tambien el pozo comun o pique labrado hasta mas o ménos hondura, siendo su condicion mas característica la de existir aislada, con el desierto i la sequedad absoluta en contorno; pero todas en comun i conjunto, de cualquier oríjen i ob-

jeto de aplicacion son *aguadas*, dada su utilidad como puerto de salvacion i refujio, centros de vida i movimiento para el hombre i sus industrias.

A mas de la poesía del oasis africano i su salvadora mision, nuestras aguadas son tambien núcleos de poblacion i focos de actividad industrial a cuyo alrededor se alimentan de todo los negocios mineros, como las plantas de luz i calor a la accion del sol.

La aguada en el desierto, difundida i multiplicada, seria la produccion minera al mismo tiempo estimulada i esparcida por doquiera.

He aquí por qué los mineros la reclaman como medio fundamental de recursos i por qué nosotros debemos destinarle especial i preferente atencion, principiando por lo pronto a definirla i darle su colocacion en la terminolojía de las materias relacionadas con el *agua*, el indispensable ajente creado para enjendrar la vida i embellecer con las mejores galas de la creacion la superficie del planeta.

En cuanto a su oríjen, su naturaleza i sus funciones, su colocacion pertenece a la *Hidrolojía* (subdivida en «hidrostática» e «hidrodinamia»); deriva de la *Meteorolojía* su forma o estado físico, su existencia, movimiento i distribucion en el globo esterior e interiormente, en aguas superficiales i aguas subterráneas; a la *Hidrografía* («esterna» e «interna») le pertenece por cuanto su reparticion geográfica en hoyas, cuencas i valles, tanto sobre la superficie como por entre las profundidades de la tierra, es un punto fundamental de su papel en la historia i constitucion terrestre; a la *Geolojía*, mui especialmente tambien porque es la ciencia investigadora i el único guia práctico i razonado para descubrir algo sobre circulacion de aguas subterráneas, lo cual constituye, en definitiva solucion, el jenuino objetivo de nuestros ideales en tan

importantísima materia como la de dotacion de agua para los desiertos del norte de Chile; i por último, i para sus mas jenerales destinos, entra el agua a ser esclusivo objeto de la *Hidroscopia*, o sea el arte de descubrir o alumbrar aguas comunes, artesianas, minerales o de cualquier oríjen i naturaleza.

Hemos dado a la voz *aguada* una estension de significado para abrazarla en todo el conjunto de sus útiles e indispensables aplicaciones en el desierto, i nos cumple ahora restrinjirla a su natural colocacion en el terreno i a su papel con las demas voces relativas a la hidrolojía.

La *aguada*, propiamente dicha, natural, el *manantial*, la *vertiente* i el *púquio*, se consideran i confunden como voces sinónimas, i en mérito de la claridad i mayor intelijencia proponemos definirlas en acepciones mas en armonía con sus condiciones de oríjen i forma.

La aguada, en este caso, es la escavacion natural, taza, concavidad o simple hueco de somera hondura o al ras de la superficie, con agua corriente, tranquila a su nivel permanente, susceptible de disminuir en volúmen al apurar su contenido i de restituirlo en seguida en mas o ménos tiempo.

El *manantial*, consecuente con su oríjen etimolójico, debe constantemente ser agua que mana, nace, fluye al esterior, en el fondo o vaseada de los valles principales o laterales, en sus oríjenes o mas avanzados nacimientos, haciendo de fuente proveedora i directa alimentacion de los primeros caudales i sucesiva alimentacion de los arroyos afluentes de los rios i de estos mismos.

La *vertiente*, tambien en lójica consecuencia con su etimolojía, debe tener su oríjen mas característico en las laderas, faldeos o paredes de los valles por

donde las aguas surjidas de su procedencia subterránea corren cierta distancia o manifiestan movimiento, permanente o perenne, intermitente o temporalmente, pero sujetas siempre a una periodicidad mas o ménos regular.

El *púquio*, en fin, es voz, jenuinamente quichua i significa fuente de agua clara, límpida, distinta de la vertiente ordinaria i del manantial por cuanto su manera de existencia es en una superficie llana i no en terreno inclinado, brotando el agua a poca hondura, de orificio profundo, en forma de pozo o estanque de estrechas dimensiones.

Como voz jenérica, la *source* de los franceses, implica siempre agua subterránea a la cual se adaptan muchas circunstancias mas o ménos vagas o contradictorias, como se diria en español del vocablo *fuente*, adaptable a formaciones de la naturaleza como a obras del arte humano o a combinaciones de uno i otro oríjen a la vez.

Sin embargo, importa i conviene restrinjir el significado de *source* a su verdadera acepcion hidrolójica en el sentido de llenar esclusivamente las condiciones de constituir, en primer lugar no las meras apariencias o indicios del agua, humedades, etc., sino cierto volúmen efectivo i aprovechable de agua subterránea que mana como agua corriente, en movimiento permanente o temporal pero sujeto a cierta regularidad de produccion.

La misma interpretacion podemos aplicar al vocablo *spring* de los ingleses.

La dosificacion de las aguadas obedece, por lo demas, oríjen, naturaleza i otras condiciones. a un sistema de distribucion parecido a los tres grandes caractéres físicos del territorio atacameño, a saber: *cordillera andina*, *valle central lonjitudinal* i *serranía*

marítima, correspondiendo respectivamente a estas zonas otras tantas clases de aguadas derivadas de las nieves, lluvias i granizadas de los Andes, de las aguas subterráneas de la travesía i de las neblinas, lloviznas i rocíos de la costa.

Para describirlas mejor, dividamos el territorio a lo ancho en tres secciones: 1.ª de Huasco a Copiapó; 2.ª de Copiapó a Taltal; 3.ª de Taltal al Loa.

B.—AGUADAS ENTRE EL HUASCO I COPIAPÓ

1. *Zona de cordillera*.—En la cuenca de Carrizal, donde las lluvias del sur alcanzan todavía a favorecer esa rejion con sus benéficos riegos, toman potente desarrollo las estribaciones de cordillera, dando lugar a valles o quebradas donde surjen abundantes manantiales i arroyuelos capaces de pequeños cultivos i de mantener vegas perennes donde se reponen las bestias agotadas por el abrumador carguío de los metales, alcanzado todavía para mantenimiento de pequeñas crianzas de ovejas i aves de corral.

En la Jarilla, por donde el progresista industrial don Aniceto Izaga llevó un ferrocarril para la esplotacion de sus importantes minas, el agua mana por doquiera i ningun trabajo minero perecerá allí por falta de ella.

Trasmontando estos valles hácia el norte para caer al de los Sapos, se encuentran lugares, como el propiamente así llamado, donde la vejetacion parece mas lozana i las proporciones de sus beneficios mas estensas, por lo mismo que contrastan con la esterilidad del paisaje que los rodea.

Todavía mas al norte, pasando de mina en mina, subiendo i bajando las crestas i los barrancos, se cae al tercer gran afluente del sistema hidrográfico del

Totoral, por donde corre hasta Yerba-Buena el ferrocarril de Carrizal Bajo.

San Miguel, el Panul, Polvareda, el Romero, Sauce, etc., etc., forman numerosas aguadas que, por su profusion, no necesitan ser especialmente mencionadas para que el esplorador las conozca de antemano.

Esta rejion de vertientes de cordillera se enlaza por allí con los engargantados valles del rio de Copiapó, por su afluente de Manflas, en plena dotacion de aguas, relativamente hablando, hasta deslindar, al estremo de la cordillera Darwin, pasadas las vegas de Figueroa, Tronquitos i afluentes, con la quebrada de Paipote, donde termina la rejion acuosa de las cordilleras, comprendida entre las hoyas de los rios Huasco i Copiapó.

Basten por ahora estos grandes rasgos de una zona cuya importancia será objeto de mas ámplia descripcion en adelante.

2. *Zona de la Travesía.*—Recorramos ahora de un solo paso la llanura lonjitudinal por *La Travesía*, como llamaban aquella seccion del valle central los viajeros de pasados tiempos cuando no habia vía marítima para ir desde el Huasco a Copiapó, sin duda porque el ansia de atravesar aquellos médanos sin agua, embargaba en absoluto i con febril afan a los espedicionarios bastante decididos para emprender aquella jornada de 25 leguas por constante e implacable sequedad.

Hizo aquella misma travesía el ilustre Darwin, en cuya fecunda mente, jerminando ya sin duda las nociones del *orijen de las especies*, debió de grabarse una desoladora idea de muerte bastante viva para hacerle invocar a la Providencia, lamentando que la luz i el calor del sol se malgastaran tan inútilmente en aquellas tierras sin vida i, al parecer de entónces, sin ob-

jeto, donde toda existencia era un imposible para el célebre sabio.

I sin embargo, el gran geólogo que tal impresion recibia, marchaba a la vista de los regueros de riqueza destinados al progreso público sobrevenido poco mas tarde, hollaba con sus propias plantas un suelo debajo del cual corria como un rio el agua hoi abundante para el viajero i para impulso de las locomotoras a vapor.

Repetimos, con la observacion de este i de otros hechos, lo dicho con motivo del agua desde Atacama a Tarapacá, mediante cuya comprobada existencia, no habrá obstáculos para el progreso ni ménos una dificultad insuperable para su poblacion i el fomento de su variada riqueza mineral.

En la travesía del Huasco a Copiapó, hai agua excelente i abudandante en la Estacion del Algarrobo, kilómetro 50 del ferrocarril de Carrizal Bajo a Cerro Blanco, descubierta por medio de un pozo a los 60 metros de hondura, espesor del grueso de la formacion arenosa del terreno hasta el fondo de roca firme. El viento constante del S. O., i, durante las calmas, un pequeño motor a vapor, estraen el agua en la cantidad requerida para las necesidades del servicio.

Algunos kilómetros mas al noroeste, en la quebrada del Boqueron, otro pozo la ha descubierto a 9 metros de hondura, i siguiendo la vaguada abajo, es natural i seguro encontrarla en cualquier otro punto. En otros lugares de la línea del ferrocarril no ha sido buscada por no ser de necesidad para el servicio de su tráfico.

Al norte del Algarrobal, siempre por el eje de la travesía, el agua ha surjido de una somera escavacion en un lugar arenoso, en la estremidad sur i al pié de la sierra de Fritis, cerca de la mina de Castillo; i poco mas al norte, en el estremo opuesto de la misma

sierra, donde con motivo del tráfico por la travesía entre Copiapó i Chañarcillo se perforaron pozos, se dió con agua regularmente potable, a 30 metros de hondura formándose allí majadas i un lugar de descanso i refresco en la posada llamada de la Justa. Mas adelante, ya se llega a las caidas del rio Copiapó, i ninguna necesidad suprema de la vida ha estimulado a buscar el agua en esta corta estension donde sin duda alguna tambien se contiene.

En la vaguada de Castillo, el agua se ha brindado ya mas arriba, en Urbina, Agua del Ciego i otras que proveen abundantemente a Chañarcillo, i se encontraria asimismo vaguada abajo de Castillo en cualquier punto de su curso por la del Totoral, de quien es tributaria.

Asimismo dentro de las corrientes de la Justa, todas las apariencias denuncian agua en el largo trayecto hasta el océano en la caleta de Barranquillas.

En tales condiciones, se comprende que la travesía del Huasco a Copiapó no está ahora en el estado de desolacion que tan aterradoras impresiones produjo en el espíritu del sabio naturalista inglés. Los mineros la cruzan de estremo a estremo cargados con sus herramientas de cateo, a pié i sin zozobras.

3. *Zona de la costa.*—La rejion de la costa tiene sus abundantes vegas desde la desembocadura del rio Huasco hasta *Carrizal Bajo* desde cuyo punto a lo largo de la costa, hai aguadas naturales en ciertas quebradas, como frente a Matamoros, en los Monos i otros lugares hasta las vegas de la caleta de Totoral Bajo, desembocadura del arroyo que corre por la aldea del mismo nombre a 20 kilómetros mas al interior.

Desde Totoral Bajo hasta la desembocadura del rio Copiapó, reina una sequedad sin interrupcion en toda

esa arenosa cruzada de veinte millas de costa desierta i sin montañas, pero donde seguramente los changos que ántes poblaban la Bahía Salada se procuraban agua de alguna manera pues existen demostraciones de una aguada situada a unos 2 kilómetros de la playa de Bahía Salada. En las faldas del cerro de Pajonales, mas al sur, mirando a la referida Bahía, se conserva aun la aguada de Jertrudis, único recurso de aguada en toda aquella desolada playa.

Pasando el rio Copiapó, los pescadores i cabreros nómades de las hermosas praderas del Morro, refrescados por brumas marítimas durante todo el año i fertilizadas en la primavera, se proveen de buena agua en Chorrillos, pequeño manantial frente a la Isla Grande i sierra de Alcones, remedo de cascada en miniatura que destila aguas esquisitas. Mas adentro de la desembocadura, hai las vegas donde los cazadores encuentran abundante cosecha de patos i tórtolas.

C.—AGUADAS ENTRE COPIAPÓ I TALTAL

1. *Zona de cordillera.*—La rejion cordillerana, en esta seccion, se prolonga en todo el largo de la cordillera Domeyko comprendida entre los nacimientos de Maricunga, de donde comienzan los oríjenes australes de Paipote hasta los faldeos del Chaco, de donde se desprenden los últimos nacimientos del Juncal hácia el norte.

El delta cuyo vértice está en la puerta de Paipote contiene numerosas aguadas, entre las cuales, algunas, como las grandes vegas del Paton i Bolo, por un lado, i la del Ojo de Maricunga i otros por el opuesto, forman tambien vegas. Asimismo, del lado de la otra cuenca, San Andres, abundan las aguas hasta el

punto de no hacerse necesario una enumeracion de ellas como lugares de refujio i salvacion.

Avanzando todavía por sobre el cordon de San Andres, Valiente i Cerro Bravo, se cae a corrientes i valles con vejetacion, i tributarios de la ancha cuenca de la Finca de Chañaral, con Potrerillos, Macobí, Salto i Cajoncito, pastosas i húmedas; Agua Dulce, Pasto Cerrado, Agua de San Juan, Pelada i Las Tablas i otras que desembocan en la gran quebrada del Salado; mas al norte, Indio Muerto, que actualmente presta grandísimos servicios a la minería del cobre, i las vegas de Vicuña, al pié de doña Ines, cuyo descubrimiento se atribuye a la célebre i animosa compañera de don Pedro de Valdivia; la Encantada, con las relativas proporciones de una estancia del Desierto, i por fin, la Cruz, Bolson, Incaguasi i Juncal, con sus nacimientos al pié del potente Chaco, donde terminaremos con esta seccion, reservando su estudio detallado, como lo hemos hecho tambien para la seccion anterior, por su importancia, para tratarlo en la descripcion jeneral i particular de esta materia, en todo el estenso territorio de las esploraciones.

2. *Zona de la travesía.*—Arranca la rejion central de esta misma seccion desde donde dejamos interrumpida la travesía del Huasco, frente al despoblado de Paipote, rio Copiapó de por medio, en la estacion de ferrocarril del mismo nombre, a 9 kilómetros al E. de la capital de Atacama.

Corre desde Paipote al ramal de ferrocarril a Púquios, en 50 kilómetros de plena sequedad hasta su término en la estacion de este nombre a la boca de la angosta quebrada resultante del plano de fractura por donde se escurren las aguas de las vegas de Púquios, cuyo oríjen procede de las aguas subterráneas del lla-

no de Varas ya nombrado i de los faldeos de la sierra de Fraga que lo limita por el E.

Ya dejamos dicho que en esta estensa llanura el agua se encuentra abundantísima i excelente a diversas honduras desde los 20 a 30 metros de Nanjarí i hasta los 220 metros en el pique de la Buena Esperanza.

Dejemos atras el despoblado de Paipote donde no se ha buscado el agua a pesar de las probabilidades de encontrarla, citando solo de paso por ahora, el hecho de haberse proyectado en diversas ocasiones, sin arribar a forma práctica, la perforacion de pozos artesianos, anhelo vehemente i motivo de grandes esperanzas para los pobladores de Copiapó en otros tiempos.

La anchurosa quebrada de Paipote recibe a poca distancia de su desembocadura en el rio Copiapó, por su ribera derecha, los afluentes secos i de corta estension procedentes del N. O. por el lado del Chulo, aguada de pozos i antigua posada ántes del ferrocarril a Púquios i durante toda la opulencia de Tres Puntas; fué punto obligado de refresco para los convoyes de carretas ocupados en el activo tráfico de entónces i alojadero de gran número de pasajeros.

Los nacimientos subterráneos de estas aguas así como de las de Llampos i mina Verde, un poco mas adentro del Chulo i por la misma quebrada, se desprenden de la Medanosa i del portezuelo del Inca, al oeste i contra el macizo de Cachiyuyo de Oro, a medio camino de Tres Puntas, donde la frescura de las fuentes se pronuncia en aguas excelentes, iluminadas en la mas plena desolacion i esterilidad de entre las arenas de dunas i médanos inmediatos.

Por allí se internó el festivo Jotabeche, dando adios a la vida ántes de lanzarse en su famosa escursion al vellocino de plata no alcanzado por él i a poco mas

tarde gozar de cuantiosa fortuna por otros descubridores; i por allí tambien hizo trazar el empresario Wheelwright el primer proyecto de ferrocarril al desierto, idea desde entónces acariciada con fines mas vastos i patrióticos destinos, por aquellos convencidos, como nosotros, de la necesidad i conveniencia de realizar con toda urjencia la construccion del ferrocarril lonjitudinal hasta Tarapacá.

Por el lado oriental o sea la ribera izquierda de Paipote i en vertientes o estribaciones desprendidas de la cordillera Domeyko, converjen al gran valle estéril otros numerosos afluentes igualmente secos esteriormente pero con manifestaciones de corrientes interiores en relacion con pequeños i numerosos manantiales esternos; tales son los Cóndores, Romero, San Miguel, Garin, Alcota, etc., o por fin las ya citadas estensas hoyas hidrográficas de Púquios, San Andres i Maricunga, todas hácia el gran cauce único posiblemente existente por el fondo de las profundidades subterráneas de Paipote.

¿Cómo determinar las correspondencias esteriores de este rio invisible? ¿Hácia dónde surje el caudal de sus aguas misteriosas?

Seria problema digno de investigacion, dada la importancia de su aceptada solucion ante la existencia del suelo mas apto del mundo para la jerminacion, i de un clima escepcionalmente favorable para todas las producciones de la industria agrícola.

El algodonero en Copiapó es colosal, la vid es exuberante i todos los frutos del suelo se distinguen por el vigor de su desarrollo i la plenitud de su lozanía.

Dentro de la cuenca del llano de Varas se levanta la poblacion a que dió lugar el descubrimiento de las minas de Tres Puntas; famoso acontecimiento en todo debido a la circunstancia de encontrarse por allí una

aguada natural, aprovechada en el acto i durante algunos años despues como la única fuente surtidora de las numerosas poblaciones improvisadas entónces por el atractivo de las riquezas.

El llano de Varas se comunica hácia el lado naciente con la continuacion del valle lonjitudinal, al norte por medio de la llanura espaciosa comprendida entre el cordon de cerros del Humito i el del Pingo, en cuyo medio precisamente fué labrado el espléndido pique de la Buena Esperanza, i por el lado poniente con el paso abierto entre el grupo aislado de Tres Puntas e Inca de Oro i el mismo Humito, ligado a la cumbre del Bonete.

Por allí abunda tambien el agua subterránea segun manifestaciones bastante marcadas.

En las minas del Inca de Oro, los pozos la encuentran a diez i mas metros de hondura i algunas veces a ménos, hasta llegar a surjir al sol por Chañarcito en el camino al Salado i puerto de Chañaral i en caidas de esta estensa hoya, en forma de púquios.

En el Inca i Chañarcito, como en otros puntos, importantes i establecimientos metalúrgicos para el beneficio de minerales de oro se han levantado i funcionado sin haber suspendido sus procedimientos por falta de agua.

Siguiendo ahora por el costado oriente, partiendo siempre de Tres Puntas o del Pique de la Buena Esperanza, el antiguo trapiche de Villanueva funcionó en plena llanura con el agua necesaria estraida de un pique de mui poca profundidad. Hoi están en nueva actividad estos pozos prestando oportunos servicios con motivos de numerosas minas de cobre en actual esplotacion.

En seguida, basta trasmontar una pequeña altura del cordon *Finca de Chañaral*, para encontrarse con el

famoso *oasis* donde refrescó el doctor Philippi a la sombra de higuerales i viñedos, esparcidos en poco mas de unas cinco hectáreas de terreno, pero aumentadas por la fantasía, ante el contraste de los aspectos locales, hasta hacerlos aparecer con las dimensiones de un estenso verjel.

En plena rejion lonjitudinal, a setenta i cinco kilómetros del puerto de Chañaral, los púquios de Pueblo Hundido corren a cierta distancia i alcanzan tambien para pequeños cultivos i el servicio de hornos de fundicion con chaqueta de agua. Hoi arranca de ahí una cañería hasta la estacion del ferrocarril del Estado en aquel paraje.

La sierra vecina de Caballo Muerto, contiene tambien tres aguadas en sus flancos del lado occidental, siendo la de Vicuña, que surte a las minas, bastante provista de mui buena agua.

El nivel del valle central se levanta por estas inmediaciones desde el Inca de Oro en su prolongacion al sur, coincidiendo este hecho topográfico con el principio de la formacion salitrera en su curso hácia el norte, empezando a pronunciarse con manifestaciones del nitrato sódico en las llanuras del Salado.

Los cauces abiertos por las aguas torrenciales despues del deshielo de la época glacial, se socavaron en un terreno al principio arenoso i relativamente blando despues dando lugar a los profundos zanjones de esculturales aspectos con sus bordos casi verticales en honduras hasta de 200 metros, como los del Salado, Doña Ines, Juncal, Chaco i Carrizal.

Tales grietas, solo por lo profundas e inaccesibles en su estado natural, constituyen un obstáculo al tráfico e interceptan por completo las comunicaciones con insuperables dificultades para el cateo minero. Falta en ellas el agua hácia la rejion central, donde

casi pasa a ser horizontal el piso, pero las vegas i púquios son frecuentes en su fondo, a lo ménos hácia el naciente, hasta sus oríjenes. i con toda certidumbre la escavacion daria tambien agua en otros puntos mas al oeste, ántes de llegar al mar, i en todo el largo de su curso seco. Vegas como las de doña Ines Chica i demas, suministrarian agua abundante i fácilmente trasportable por cañería para el servicio de los futuros ferrocarriles del desierto, como en otra parte mas adelante lo esplicaremos en detalle.

Los espacios medianeros entre estos grandes cauces son de una sequedad absoluta, i como aun no ha llegado hasta allí la accion protectora del Gobierno, quizas por creerse todavía que el norte de la República debe bastarse a sí mismo i sobrarse para los demas, a lo ménos podria solicitarse un pequeño gaje del presupuesto para caminos i conseguirse con ello remover esos estorbos al libre tránsito.

La aguada de la Brea, en el zanjon del Juncal i Pan de Azúcar es la última de este carácter en la travesía; mas allá, la rejion central es el llano lonjitudinal de la zona salitrera i era pavorosamente peligroso para el viajero ántes de la instalacion de las oficinas de elaboracion del salitre de Taltal con cuyo motivo se abrieron los abundantísimos pozos de la Catalina del Sur, Germania, Amigos, Julia etc.

3. *Zona de la Costa.*—Tocando aquí los límites de nuestra segunda seccion, por la travesía, volvamos a la rejion de la costa marítima cuya designacion dejamos interrumpida en los llanos de Caldera.

En el estudio de las aguas subterráneas, como en muchos otros de naturaleza geolójica, conviene despreocuparse de ideas arraigadas en fuerza de la costumbre o de las simples apariencias.

Si un rio corre encajonado, engargantado dentro

de cauce profundo i sobre sus bordes se estiende terreno plano, la jeneral creencia se sostiene en la idea de cavar hasta la hondura del nivel del rio para encontrar la capa de agua.

Pero es lo mas comun el hecho de no ser las aguas al nivel del rio las que se infiltran lateralmente i son alcanzadas por los pozos, sino las aguas de lluvia i de las neblinas infiltradas a traves de la capa superficial arenosa, la cual las proteje contra la evaporacion i las conserva i acumula en receptáculos interiores, repletándose o saliéndose éstos de madre, miéntras se escurren las aguas excedentes para reaparecer o no a la superficie formando intermitencias mas o ménos periódicas en las fuentes.

En los llanos de Caldera, a falta de abundantes lluvias, bastan las neblinas espesas i frecuentes garúas para empapar el esponjoso suelo de arenas i conchilla cuaternaria i los bancos porosos de conglomerado marino, siendo las capas gredosas i estratas de arenisca arcillosa de la formacion terciaria, bastante impermeables para detenerlas en su descenso a las profundidades i hacerlas reaparecer en las hondanadas del terreno, en las grietas o en los barrancos i playas del rio o de la costa, porque en estas latitudes no hai cordillera marítima, siendo el Morro de Copiapó i la sierra de Alcones, casi islas todavía apénas adheridas al continente.

De aquí las goteras de frente a Alcones ya citadas i los ojos de agua dulce o poco saladas en las depresiones de la llanura frente al Morro, en medio de capas de sal i aguas marinas.

Estas capas salinas i aun los mantos de pura sal alternando en la formacion terciaria, impregnan a veces esas aguas meteóricas con cierta proporcion de sal gema o cloruro de sodio que las hacen esplotables

industrialmente como salinas, dando un producto un tanto amargo cuya mayor aplicacion es para la salazon de cueros i los beneficios metalúrgicos por amalgamacion.

Ahora bien, así como las capas de terreno sólido alternan en estratificacion, las capas de agua de distinto orijen i naturaleza forman tambien verdaderas estratificaciones en cierto órden de supersposicion mui interesantes de estudiar i conocer.

Las aguas meteóricas, al infiltrase en el terreno arenoso de consistencia homojénea—como es el de aquellas llanuras escalonadas por solevantamientos bruscos o paulatinos de la costa emergidas del fondo del mar—al ser solicitadas por la jeneral fuerza de gravedad hácia la direccion vertical, son al mismo tiempo desviadas de este curso por la atraccion capilar de las quebraduras del terreno donde éstas no alcanzan a formar grietas abiertas o de fácil escurrimiento, agregándose ademas el poder de succion como el de las esponjas propio tambien en alto grado de algunas rocas o tierras permeables como las allí existentes en alternacion con las de consistencia arcillosa.

I así como esta fuerza desvia el curso de las aguas superiores en su perpetuo afan de buscar una superficie de nivel horizontal donde descansar tranquilas, asimismo las que la tienen por infiltraciones marinas al nivel de la prolongacion del mar, son al parecer aspiradas a su vez hácia arriba i forman capas de agua marina alternadas con las de agua dulce o se entremezclan en un mismo medio con ellas segun las condiciones litoclásicas del terreno donde se contienen.

He aquí la antigua teoría, pero no aplicada al réjimen de las aguas subterráneas continentales sino a locales i reducidos casos aplicables sin inconvenientes a su cumplida verificacion.

Así se observa cómo en las salinas del Morro, la salmuera subterránea infiltrada del lado del mar a un nivel de algunos metros mas arriba del suyo propio i sin haber podido disolver su sal en los bancos de mas al interior i mas altos—siendo por lo tanto simple agua marina—asciende a un nivel E. superior a la capa de agua dulce existente a corta distancia i a poca hondura en B, debajo del piso de la hondonada donde cuaja o cristaliza la sal recojida por evaporacion solar en los cuarteles o compartimentos siendo éstos a su turno alimentados del líquido salado por medio de molinos de viento provistos de un tornillo de Arquímedes.

Las hondonadas, depresiones, cañadas o álveos donde se estancan o por donde corren las aguas de lluvia producen los efectos de un drenaje natural; i en el caso representado por la figura, en razon de una grieta o quebrada profunda en gran parte rellenado de arena de cierta consistencia por la conchilla i materia arenosa formando provablemente una roca mui absorbente, la capa impermeable que detiene las aguas meteóricas superiores se ha roto i dejado libre el paso de ascension de las aguas marinas de abajo levantándolas por capilaridad hasta sobreponerlas a aquellas por encima del piso de la salina, cuyo piso es tambien impermeable. El pozo abierto en P. prueba este interesante ejemplo hidrolójico, descubriendo debajo del agua saturada de sal, agua de buena calidad, fresca i potable.

El agua de este pozo debe proceder de infiltraciones de aguas metóricas detenidas encima i quizá debajo de la capa impermeable D. por puntos hácia donde las estratas tambien impermeables o semi-permeables B i C, se agrietan, se adelgazan i se desvanecen dando lugar al agua dulce contenida en el pozo. Rota esta

capa, a su vez, reaparece el agua salada del nivel del mar capaz de haber podido infiltrarse hasta esa distancia o de haberse impregnado de sal en las estratas terciarias.

Los mas recientes estudios hidrológicos han demostrado respecto de las capas acuosas de infiltracion, no una superficie superior en plano a nivel sino una concordancia mas o ménos conforme a las ondulaciones del terreno esterior, sin guardar exacto paralelismo con ellas pero elevándose las aguas donde corresponden a alturas en la superficie i surjiendo al sol donde las depresiones se acercan a la línea del nivel hidrostático. Así puede haberse formado un charco salado como el señalado en la figura.

El ilustre sabio Daubrée, autor de tantas obras científicas del mas alto mérito, llama a estas aguas del subsuelo, *freáticas* (de *freas*, pozo), buscando un término apropiado para designar esa manera de existencia de las aguas en todos los idiomas denominadas tan vagamente con diversas i mal aplicadas espresiones.

En los llanos de Caldera, esta línea ondulada de nivel de las aguas, aguas del subsuelo o sea capa freática, se manifiesta mas o ménos a la altura de las vegas de Monte Amargo en el seno del terreno arenoso i de aluviones en puntos a donde, como en las salinas del Morro, el nivel de las aguas del rio está a 30 i 40 metros mas abajo, viéndose efectivamente asomar en las barrancas del valle i en la costa del mar, como en la cascadita de Chorrillos, los derrames de aquellas aguas superiores.

Terreno de infiltracion *A A*, superficie; *N N*, nivel ondulado de la capa acuosa; *P*, pozo de agua dulce; *M L*, lecho del rio Copiapó; *M*, Monte Amargo; *C*, cascadita de Chorrillos.

El pozo P, de poco mas de un metro de hondura, situado en un punto de los mas elevados de la llanura. perforado con el objeto de estraer piedras calcáreas para construccion, es una prueba de este hecho. Pero el agua encontrada allí es intermitente, o a lo ménos sube i baja de nivel segun las estaciones i es mui escasa para ser aprovechada.

Siguiendo nuestro itinerario hidrolójico de la costa hácia el norte, se presenta la necesidad de establecer otra distincion en las aguadas, como las de los flancos i vaguadas de las vertientes occidentales de la serranía de la costa desde su arranque en el cerro de Jesus María, al sur de Copiapó, hasta los cerros de La Peineta i Agua Verde, al sur de la quebrada de Taltal; i las del litoral marítimo formadas en los estremos de los contrafuertes o brazos desprendidos desde aquella sierra al mar, terminándose bruscamente en las escarpadas pendientes cuyos pies bañan las olas.

Entre aquellas aguadas son numerosas i de buena calidad las de la falda del cerro de Ustaris i las del Algarrobo, surtidoras de agua potable para las minas de ese cerro, todas ellas utilísimas a la poblacion minera de esa rejion difícil de cruzar por las arenas sueltas i viajeras, dunas i médanos esparcidos por los bajos así como en la falda de los cerros.

Entre los inmediatos al mar, el esplorador don Diego de Almeida fué dueño de las aguadas de Ramadas, a inmediaciones de Caldera, al norte, de donde la sucesion de este señor deriva derechos a los terrenos donde se fundó el puerto del mismo nombre. En Ramadas hai unos cuantos pozos que a la orilla misma del mar i a poca hondura daban agua regular. Hoi están cegados por falta de uso.

A la redonda de aquellas aguas i de la aguada natural i excelente de Leoncito, surjente en esquistos

cristalinos, vivió una numerosa poblacion pescadora cuyos restos interesantes han dado lugar a indagaciones arqueolójicas a cuyo éxito hemos podido contribuir, exhibiéndose en el Museo Nacional los curiosos objetos i utensilios, así como algunos cráneos de aquellas tribus estinguidas.

Los pozos o norias en la vecindad del mar i aun en la playa misma, dan agua salobre utilizable para muchos usos, pero en la falda de los cerros inmediatos, como el Cerro Negro, la hai cristalina i es de la mas característica procedencia meteórica. Se precipita i corre en pequeñas cascaditas produciendo en los esquistos i en el duro granito los efectos socavadores de la gota de agua formando tazas, bañaderas i otras concavidades de formas curiosas i refrescante influencia en semejantes localidades.

Pasando al norte del cordon trasversal do Cerro Negro, limítrofe por aquel rumbo con la hoya del rio Copiapó, se cae a las desembocaduras de los cauces secos cuyos oríjenes proceden de las vertientes occidentales de la sierra de Ustaris al norte, tales como el Morado, Moradito i Potrero, donde a trechos resultan aguas de regular clase perforando en el alveo a hondura variable, dándola tambien de vertiente natural como las del Morado i la Brea; i luego, ademas, en la costa misma; en Obispo i Obispito, a la altura de las mareas que a menudo arrojan las aguas del océano mezclándolas con las de oríjen subterráneo, tan comunes i de tan espontáneo alumbramiento al aire libre en toda aquella costa.

Aunque algunas veces son estas aguas de desagradable sabor para la bebida del hombre, constituyen fuentes mui útiles para otros destinos de gran valor, como para usos domésticos i para abrevar las sedien-

tas i fatigadas bestias del viajero i de las faenas mineras.

Así está dotada tambien la caleta de Flamenco, a donde converjen, buscando la salida marítima, numerosos caminos del interior i cauces secos que en su trayecto, desde las faldas del mismo cordon de cerros que venimos designando como continuacion de la cordillera de la costa, dan tambien oportunos i utilísimos recursos de agua espontánea o encontrada a poca hondura, como en San Juan, de clase esquisita, en Salitrosa i Guamanga no mui buenas pero abundantes.

Viene en seguida, trasmontando el alto i escabroso cordon de Paso Malo i Las Animas, tan rico en veneros de cobre, la rada de Chañaral donde desemboca el ancho sistema hidrográfico del Salado, tambien con algunas aguadas.

El penoso oficio de arrear bueyes a lo largo de los arenales secos i ardientes en casi todo tiempo, se hace así posible de ser ejercido sin inconveniente por los especuladores en ese comercio.

La fatigosa i lenta jornada entre Copiapó i Chañaral sigue la senda llamada por esto *camino de los toros*, refrescando en las aguadas del Morado, Salitrosa i Guamanga.

Pasando a la hoya del Salado, las aguas subterráneas inferiores en nivel a las del subsuelo en Pueblo Hundido, son estraordinariamente saladas dentro del alveo de la quebrada como en el pueblo del mismo nombre, estremo actual del ferrocarril de Chañaral, debido a los depósitos de sal gema abundantes en los barrancos del profundo zanjon, por tal motivo llamado *El Salado*.

No sucede así en las quebradas laterales, afluentes de la misma, como en los citados púquios naturales de

Chañarcitos, tan abundantes i potables, i los piques de poca profundidad tan bien logrados en la quebrada del cerro Vetado, camino adentro del mineral de la Florida i al Cerro Negro, único refresco posible abierto al tráfico entre el puerto de Chañaral i esos asientos mineros.

Débese el agua aquí simplemente a la capa freática formada por la infiltracion de las aguas meteóricas, casi esclusivamente derivadas de las neblinas del mar que se arrastran lentamente i aun se quedan estacionarias durante las largas noches del invierno empapando un suelo siempre grato i predispuesto a la absorcion con sus poros dilatados i aptos para recojer en su seno todo el vapor condensado por el frio penetrante de las noches del desierto. El rocío, fenómeno de escepcional importancia en tales rejiones, se produce con estraordinaria abundancia i constituye un ausiliar precioso para el refresco de las fuentes.

En la costa marítima correspondiente a esta zona hidrográfica abundan tambien, como al sur, las aguadas dulces o salobres, segun su oríjen i altura sobre las aguas marinas.

En la quebrada de Pan de Azúcar, que desemboca en el puerto del mismo nombre i recoje en uno solo de los grandes cauces vegosos de Doña Ines, Juncal, etc., principia un caso notable de concordancia entre un hecho geológico bien caracterizado i la existencia de vegas relativamente abundantes i estensas.

Los casos de fallas en el terreno, sea por efecto de un dike u otra cosa, así como la circunstancia del contacto de dos formaciones geológicas diferentes, son en el desierto de Atacama, como sucede en todo el globo casi sin escepcion, favorecidos por un surji-

dero espontáneo de aguas utilísimas como recurso para la minería.

La formacion esquitosa de la costa en contacto con las rocas dioríticas del cordon marítimo lonjitudinal, nos ha manifestado ya el caso de importantes vegas en Carrizal, Totoral i Copiapó, faltando en Flamenco i Salado, donde el hecho se produce, aunque no visible en la alegre vejetacion i recreadora verdura de la brea, el junco o la cortadera, sino en simples púquios o manantiales, con alguna chépica, pero se vuelven a producir sin mas interrupcion en forma de vegas, mas al norte, como en *Las Bombas* i *Quinchihue*, dentro de la quebrada de Pan de Azúcar; *Cachina*, mas adelante, i *La Verde* i *Brea*, en Taltal; *Perrito Muerto* i *Cascabeles*; *Paposo* i en *Agua de la Negra*, en Antofagasta, correspondiendo aquí el hecho hidrolójico con los accidentes geolójicos del carácter ya esplicado.

En la estension de esta misma zona marítima, comprendida siempre entre las cumbres del cordon llamado cordillera de la costa i el mar, i que para los efectos del método i la claridad en la esposicion, terminamos por este lado en la quebrada de Taltal, la naturaleza no ha mezquinado el agua de fuente i la brinda a las obras de arte o de la simple voluntad humana, en muchos puntos donde era indispensable a la subsistencia humana o a las industrias.

Así, al pié del distrito minero Esmeralda, el agua se ofreció de excelentes condiciones en pozos perforados quebrada arriba de las abundantes vegas de la Cachina.

Vuelve a encontrarse mas adentro, en la mina Carlota, en Hidalgo, i en la larga travesía al norte, frente al Pingo i en la Isla, hasta caer al valle entre las vegas de la La Verde i La Brea.

Por la orilla del mar, los cerros ofrecen una sucesion de aguadas en sus flancos i profundidades, como en Guanillos, Cifunchos, etc., i en la orilla misma de las playas, en los característicos púquios de naturaleza i oríjen bastante raros para poder tomarlos por de carácter anfibio, por cuanto procediendo de la tierra, tambien a sus horas se ven surjir del fondo del mar.

En Tigrillo, caleton a donde se recojen las aguas precipitadas de los altos cerros de Guanillos i Sierra Esmeralda por un lado, i cordon de Cifunchos por otro, el agua dulce vierte por entre una masa de gruesas piedras redondeadas al nivel del mar i se filtra hácia arriba al traves de una capa de arena gruesa de actual oríjen marino, pareciendo como si lo salobre del agua deriva solo de las olas invasoras del pozo donde se contiene o penetran en él infiltrándose tambien por accion capilar.

Basta por lo jeneral cavar mas al interior i mejor aun en la falda de los cerros, para tener el líquido apetecido en buenas condiciones potables.

De Tigrillo a Taltal, quebrada de Cifunchos de por medio, abundan las aguadas de esta naturaleza.

D.—Aguadas de Taltal al Loa

1. Zona de Cordillera.—Desde los pozos de la ribera en el puerto de Taltal, donde abrevan los animales, hasta las citadas vegas de La Brea i La Verde, i desde aquí al traves o a lo ancho de la llanura donde se levantan las oficinas salitreras i mas al oriente hasta dar con el cauce de las vegas del Chaco, el agua de excelente calidad abunda con relativa profusion.

Son frecuentes al pié de la Cordillera Domeyko,

en la quebrada de Vaquillas, Sapos, Mulas, Monigotes, Varas, etc., hasta la del Loro, Gómez, Varas i Providencia, esta última, verdaderamente providencial por su situacion, ántes de penetrar en el inabordable desierto desde aquí a Caracoles, salvo de ser efectiva la existencia de la aguada San Guillermo, por el portezuelo del mismo nombre i punto mas avanzado para emprender la misma peligrosa travesía.

Algunas de estas aguadas cordilleranas, como las de Varas, Sapos, Vaquillas i otras, han sido aprovechadas para surtir a poblaciones numerosas como la de Cachinal, por medio de cañerías de fierro estendidas en muchos kilómetros de largo, habiendo alcanzado todavia para surtir a las oficinas salitreras i algunas minas del Guanaco.

La mina Arturo Prat, situada en los nacimientos de la gran cuenca hidrográfica de Aguas Blancas, ha alcanzado en la profundidad de sus planes, a mas de 100 metros de hondura, agua abundante de mala calidad pero aprovechable para varios usos. Su produccion allí, por desgracia, mui importuna para la esplotacion de esa gran mina, ha resultado una ruina para la continuacion de los trabajos en profundidad.

Desde la aguada de la Providencia al norte, siguiendo siempre las faldas de la cordillera Domeyko hasta Caracoles, los viajeros se ven obligados a buscar las pendientes o alturas de la altiplanicie cordillerana tanto por la falta de agua como por aprovechar mejor camino pasando por el Cenizal e Imilac para llegar a Caracoles o seguir al norte por las famosas Aguas Dulces i la Teca, que es la última utilizable ántes de caer al Loa en la direccion de Chiu-Chiu i de Calama siguiendo la travesía del desierto.

El descubrimiento de Caracoles trajo la necesidad

de buscar el agua en el punto mas cercano posible al centro de las improvisadas poblaciones.

El agua solo se encontraba natural en Limon Verde, camino a Calama, escasa i mala, pero no se tardó mucho en aplicar los principios hidrolójicos de la esperiencia minera, i tomando por norma de investigacion la falda de las montañas del lado oriental, al pié de la sierra i contra una falda característica, su primer ensayo fué un gran triunfo, dando a pocos metros en agua dulce excelente, en cantidad suficiente para todo i cuando ya el agua se vendia por litros al precio de vino embotellado.

2. *Zona de la travesía.*—Entre Taltal i el Loa la travesía tiene estensiones de una carencia absoluta de aguadas naturales.

Aparte de los pozos en la vaguada de los Sapos i Varas, aprovechados por las oficinas salitreras, las fuentes naturales de la Aguada de Cachinal i los púquios profundos de Aguas Blancas son los únicos surjidores de agua espontánea en esta travesía de cuarenta leguas.

El cerro de las Pailas frente al Guanaco, formado de estratificaciones porfídico-arcillosas, accidentado por el surjimiento de rocas introductivas de oríjen volcánico i cubierto de sedimentos mas modernos de la misma procedencia, tales como las obsidianas, piedra pez i otras rocas fundidas i vidriosas, se levanta aislado en medio de la llanura de la travesía i establece un eslabon importante de una serranía mui característica por la homojeneidad de sus caracteres geolójicos i sus afinidades con la existencia de filones minerales.

En la falda sur de este cerro i por donde socavan su cauce las corrientes derivadas de Vaquillas, en la cordillera, se encuentra el Agua Escondida, verdadera-

mente oculta i casi ignorada de los viajeros. Pero en la falda opuesta, al norte, una estratificacion mas regular i la mayor estension de superficie permeable predispuesta a la absorcion de las aguas meteóricas i de licuacion de las nieves, ha dado lugar a la existencia de abundantes capas subterráneas de agua potable, ademas de otras superiores de oríjen freático o del subsuelo.

La figura siguiente esplica, por medio de un corte ideal del terreno i con prescindencia de exactitud en las distancias i escalas de las profundidades, la disposicion jeneral del terreno propicio a la formacion de las vegas, púquios i aguas de pozos profundos debajo del subsuelo de la Aguada de Cachinal.

Las rocas volcánicas i porfídicas sin estratificacion o con estratificacion confusa i accidentada están en una disposicion tal como en A. En contacto sus cortornos esteriores. como está visible en algunos puntos de las grietas o quebradas mas profundas, se apoya la formacion de conglomerados arcillosos R R alternados con areniscas moradas, compactas pero permeables o tambien pizarrosas, entre las cuales alternan sedimentos de arcillas rojas o amarillas impermeables II.

Sobre esta formacion descansa en estratificacion lijeramente discordante la serie de sedimentos terrosos con piedra redondeada T T, representantes o equivalentes al horizonte geolójico terciario, i sobre estos a su vez se han depositado en aguas tranquilas los finísimos limos arcillosos L, alternados con delgadas capas de una vejetacion herbácea representada por los indicios de turba en algunos puntos.

Estos limos detienen parte de las aguas condensadas sobre el terreno formando vegas en las pequeñas cuencas, i segun el grado de abundancia o altura del agua

en ellas, los púquios de abajo abundan o escasean en caudal.

Estas fuentes fueron siempre lo bastante para los usos domésticos i para abrevadero de animales, pero cuando a su fecunda influencia se llevó a cabo la fundacion del importante establecimiento de la Sociedad Beneficiadora de Metales, con sus grandes exijencias de agua para los motores, la molienda i demas operaciones de la amalgamacion, vino a imponerse la necesidad de buscar mas agua. Perforado un pique vertical atravesando las arcillas i luego las capas terciarias, se dió con una vena de agua i despues con otra mas abundante a los 90 metros de hondura en formacion de conglomerados arcillosos.

Esta roca, ocasionalmente caracterizada por aspecto porfídico no es en sí misma permeable i el agua se infiltra sin duda alguna en ella por las fallas o grietas recibiéndola tambien por entre los planos de contacto con la formacion eruptiva.

La altura de donde surje en los púquios el agua freática es de unos pocos metros sobre el nivel de la vaguada, donde muere el cerro de las Pailas i por cuyo fondo subterráneo deben de correr las aguas de la vecina cordillera de los Sapos i Punta del Viento, mui abundantes indudablemente pero no tomadas ni alcanzados sus indicios aun a la profundidad de 60 metros en el pique de Oyaneder al pié del cerro del Guanaco i en el alveo medianero entre este famoso emporio aurífero i el de las Pailas.

Las obras construidas subterráneamente para conseguir el deseado aumento de aguas consistieron en drenaje de galerías i pozos absorbentes provistos de bombas elevadoras. El mas profundo de estos pozos rendia en agua a los 60 metros de hondura i el total

rendimiento alcanzaba hasta unos cien metros cúbicos diarios.

Sigue ahora desde aquí al norte la travesía calichosa donde la industria salitrera, hasta donde alcanzan los límites de este sistema hidrolójico subterráneo tan caraterístico de la hoya de Taltal, ha podido contar con el indispensable recurso del agua.

Pasado el dorso que divide a las quebradas i cuenca de Taltal, a unos diez kilómetros al norte, la travesía queda lonjitudinalmente estrechada hácia el oeste por el cordon de colinas del *Dorado* i los *Amarillos*, formando este último brazo al jirar al N. O. como un anfiteatro donde están los restos de la oficina J. A. Moreno i de donde arrancan los nacimientos de la rejion salitrera de Santa Luisa, abundante en excelentes aguas subterráneas, i mas abajo, al estrecharse la quebrada i al llegar al contacto de la formacion diorítica con los esquisitos de la costa, en las vegas de Cascabeles cuyo cauce desemboca en la caleta del mismo nombre, perteneciendo esto, como se comprende, a la rejion de aguadas de la costa marítima.

Pero volviendo a la verdadera travesía desde la aguada de Cachinal i siguiéndola al norte entre el *Dorado* i la sierra de Cachinal, la sequedad reina en toda su desnudez i soledad porque ninguna oficina salitrera ni asiento minero de importancia ha dado allí lugar a buscar el agua, no debiendo, por lo tanto, tomarse el hecho como signo negativo de su existencia.

Si hubiera de presentarse el caso, las probabilidades de feliz éxito recaerian a lo largo de toda esa travesía donde se recojen las filtraciones del largo trecho de cordillera que comprende las vegas de donde arranca la ya citada cañería de la sociedad minera

Arturo Prat, las del cordon Profeta, en cuya falda occidental está la aguada de la *Cebada*, ojo de agua de un metro de diámetro abierto en pleno terreno de limo arcilloso; las caidas a vaguadas procedentes de Providencia i numerosas otras ramificaciones de corrientes cuyo oríjen deriva de los faldeos de la cordillera Domeyko.

Prueba de la probabilidad de encontrar agua en esta seccion de la estéril travesía, es el haber surjido abundantísima i esquisita en el pique Barazarte, al pié del cerro Tetas, por donde una parte de estos desagües subterráneos se reunen en un cauce comun para ir a reaparecer en otro punto de las faldas o saltos geolójicos tantas veces repetidos i que en este caso se verifican en la aguada de *La Negra*, cerca de Antofagasta, a la orilla del ferrocarril, desde cuyo punto adelante, al norte, ya no vuelve a repetirse el hecho hidrolójico en iguales circunstancias hasta llegar al caudaloso Loa.

3. *Zona de la Costa*.—Ya quedan citadas las del puerto de Taltal en los característicos pozos salobres de la orilla del mar i en las Vegas del Salto de la Brea i el inmediato de la Chilca i mas adentro las abundantes vertientes de La Verde, casi sin interrupcion, continuadas desde la estacion del ferrocarril así llamada, hasta adentro en las del Pozo del Milagro donde, en efecto, es como milagrosa la existencia de agua.

Salvando el cordon de la márjen derecha de esta quebrada de Taltal para caer a Santa Luisa desde la estacion de Canchas, se tienen primero, con sus nacimientos por allí mismo, las vegas de Perrito Muerto, reunidas mas abajo a las de Cascabeles, quedando en el intermedio de estas i las playas de Taltal las de la quebrada de San Ramon i Coronel Vergara, cuyo

curso baja subterráneamente hasta el mar por la estrecha garganta de la Caleta, inmediata a aquel puerto por la estremidad norte de su bahía, mas o ménos en Hueso Parado.

El cordon de la costa se pronuncia desde aquí al norte con el carácter orográfico notable de su vertiente vuelta al mar, abrupta i precipitosa como una muralla colosal con su base al nivel mismo del océano i bañada con sus olas, miéntras en altura levanta sus altas crestas hasta mil i aun dos mil metros.

Las frecuentes i densas nieblas del mar se estrellan contra ese potente obstáculo de granito, enfriado por la activa irradiacion nocturna; se aglomeran, se comprimen, i no escalan la altura sino despues de haberse condensado en espesa llovizna, capaz de empapar el suelo i producir fecunda i florida vejetacion, como la mui benéfica de Paposo e inmediaciones.

Natural es el contraste de esta fertilidad local con el suelo blanco i deslumbrante por la sal i las arenas de la rejion de arriba donde reflejan los matices propios del desierto árido i salitroso.

No es raro por esto ver en aquellas vertientes i despeñaderos vagar como copos blancos a merced del viento, las ovejas esparcidas por sobre los riscos, el uraño chango metido en sus cuevas i pegado a las breñas, vive apartado i miserable sin gozarse, al parecer, siquiera en la hermosura de su montaña ni en el magnífico horizonte de su mar infinito.

El coloso distribuidor de climas locales en medio de la monotonía de estos aspectos uniformes de rocas desnudas en una costa de topografía tambien uniforme, es el macizo de Parañave, alto cerro, desde cuyas cumbres en 1,850 a 2,000 metros se domina un paisaje terrestre de adusta e imponente grandeza, apareciendo como otro mar la vasta superficie del campo árido i

salitroso, ajitado a manera de olas, mas o ménos cimétricamente alineadas en paralelismo con las playas como para mejor reproducir este aspecto imponente de una reproduccion del océano en las alturas atmosféricas.

De aquí vienen las leyendas sobre el Paposo, con sus grandezas pasadas, i sus realidades de hoi: las *Estancias*, donde se ven los grupos de las higueras tradicionales; *Matancillas*, donde se carnea el ganado menor i se crian manadas de vacunos; la *Turca*, donde florece el durazno i el peral; la *Capilla*, cabecera del antiguo Obispado, i sus changos, en fin, ignorantes i casi salvajes, como si fueran los restos inmutables de la raza prehistórica de aquellas playas i guaridas marinas donde la abundancia del agua dió lugar a numerosos pobladores.

El fenómeno de las vertientes de agua dulce o salobre, surjentes entre las olas del mar, se reviste aquí de caractéres interesantes por las circunstancias de sus estrañas apariciones.

No es una novedad lo de las vertientes subterráneas, pero aparecen éstas con caractéres de mucha frecuencia i variedad en nuestros mares.

Las hai en las costas de Italia, entre Niza i Génova, en abundancia bastante hasta dulzar el agua del Mediterráneo.

Es porque allí se reunen, como en Paposo, las condiciones favorables de altos cerros a la costa, de una fuerte pendiente i un terreno permeable.

Adquiere, sobre todo, hermosas proporciones el fenómeno en la Spezia, donde la columna del agua dulce, cuando va bajando la marea, vence la resistencia, i al surjir del seno del mar al aire libre, recobra todas sus condiciones de agua potable.

Por Tigrillo i la Lobería, al sur de Taltal, i por

Botijas tambien, al norte de Paposo, i tambien en Bahía Salada, hai casos de una verdadera paradoja hidrológica, tan aparentemente inesplicable como la paradoja hidrostática.

El agua es alternativamente dulce, salobre o salada segun los casos, sea en relacion con las estaciones del año, las circunstancias meteorolójicas, etc., o es de calidad constantemente uniforme pero invertido el órden natural aparente como en Paposo: dulce en el mar i salada en la playa al aire libre.

Figuremos un caso carasterístico entre los observados en mas de un punto de los arriba nombrados.

Las filtraciones del cerro inmediato a la costa, forman o no forman talvez una cavidad como en M, pero de cierto bajan en condiciones hidrostáticas favorables para formar un surjidero artesiano natural en S. S'., venciendo la capa de agua del mar descargada por la alta marea orificio de salida S. durante la marea baja; hecho esplicable fácilmente en razon de la presion o de la lei de equilibrio de los fluidos de diferente densidad, siendo aquí la menor la del agua dulce.

La base del terreno es la primitiva montaña, granítica o cristalino-esquistosa, sobre la cual descansan capas arcillo-arenosas i conglomerados conchíferos terciarios, i encima de estos, a su vez, los detrítus contemporáneos de las playas marítimas figurados por el espesor O. P.

En P. hai uno de los conocidos pozos, salado, cuando directamente lo invadan las aguas del pleamar o dulce cuando la retirada de ésta deja filtrar las aguas meteóricas del suelo esponjoso de la superficie.

Las estratas terciarias, entre la base granítica i las arenas gruesas de O, son impermeables o poco permeables en sí mismas, pero así como las rocas mas

compactas, tienen grietas o trizaduras por donde se comunican las aguas produciendo movimientos ascendentes o descendentes, segun los casos.

Ahora bien, el nivel del agua en el pozo, no solo oscila con la marea sino a veces por sobre mas arriba de los excesos de la pleamar, fenómeno análogo o el mismo ya ántes descrito en las salinas del morro, debido a la accion capilar en combinacion con la presion del mar impelente i elevadora del nivel de las aguas freáticas superiores i por consiguiente de su superficie piezométrica.

Antes de la alta marea entónces, el agua pura de M. o de las filtraciones de la alta montaña, recibe en su paso por debajo de O, las aguas saladas dejadas allí por la alta marea, i ya se filtren a traves de la porosidad del terreno terciario o se escurran por entre sus grietas, las aguas marinas descenderán por su propio peso a mezclarse i a contaminarse con su salazon a las aguas dulces en tal caso escapadas en estado salobre por el orificio S.

Vuelve la alta marea, i entónces cesando esta causa, las aguas surjen dulces hasta la superficie en S' escapando en parte a la contaminacion del agua marina esparcida i envolviéndola en todo su contorno.

De aquí el curiosísimo fenómeno de disfrutar los changos agua dulce cuando les viene del fondo del mar, i agua salada cuando se les brinda en pleno aire libre.

No es perdido el tiempo, para los fines prácticos, dando por indiscutible su interes científico, cuando se gasta en observar estos hechos con el necesario propósito de utilidad.

Supóngase ser efectivo el caso de la figura simulada en uno cualquiera de los ejemplos citados en Paposo o Bahía Blanca, etc., i fuera necesario procurarse el

agua siempre dulce i pura, recibiéndola directamente como viene de la montaña.

Pues bastaria perforar, segun como se presentase el terreno, un pique o un chiflon en un punto tal como Ch, donde todas las probabilidades son concurrentes al éxito i largas distancias pueden ser recorridas en busca de otros igualmente favorables.

La continuacion de la costa al norte es árida, ofreciéndose solo las aguadas escasas de las faldas, de la playa, como en Botijas i otros puntos hasta el puerto del Cobre, donde el agua de las máquinas de destilacion es el único recurso seguro hasta hoi.

Desde allí adelante, se encuentra arriba de la Sierra, frente a la caleta de «Agua Dulce», una aguada del mismo nombre actualmente abierta con gran beneficio de los esploradores recientemente organizados en espediciones de cateo por aquellos lugares apartados de todo recurso.

El resto de la costa hasta Bolfin, ha sido por esto mismo hasta ahora imposible de esplorar, a ménos de internarse en esas profundidades con el resultado desastroso de cuantos ya lo han intentado, dejando allí la vida.

Adelante de Bolfin sigue al norte la serie de aguadas de Mateo, La Negra i Carrizo, Chimba, Agua de López en Morro Moreno, mui frecuentada por los navegantes a la vela para hacer aguada.

En Mejillones, nada se ha intentado, pero desde allí a Cobija, Gatico i Tocopilla, hasta el Loa, no faltan las aguas salobres i mas o ménos aprovechables.

En las alturas de Tocopilla, las minas alcanzan en hondura agua fuertemente alcalina, sin duda debido a contajio de las aguas meteóricas al filtrarse éstas a traves del terreno salitroso del Toco, cuya formacion asciende hácia las alturas de suave declive desde la

ribera poniente del Loa hasta cerca de las cumbres del cordon marítimo.

*
* *

Por todo lo descrito, insistimos en dar su verdadera significacion a la notoria escasez de aguas en el desierto, sin estenderla al sentido en absoluto de no haberla para los usos mas indispensables de la vida, ni aun en muchos casos para el requerido desarrollo de aplicaciones industriales como la del salitre, donde se consume en vastas proporciones.

Tambien queda demostrado el no haber tan largas distancias ni estensos radios a la redonda sin el ausilio indispensable de alguna gota de agua, sea de salvadora fuente natural, sea de pozo labrado.

Pero, sobre todo, entiéndase bien, porque este es el fondo i fin de nuestra obra, i no se tome esta exhibicion de los hechos i reflexiones sobre la dotacion de aguas del desierto, bajo tan diferentes formas ofrecida por la naturaleza i aprovechables para el hombre, como una razon para conformarse con este estado primitivo, sino como un estímulo, un deber i una necesidad perentoria de mejorar, aumentar i aprovechar en toda su capacidad posible el inmenso beneficio de las aguas ocultas i perdidas por abandono de toda jestion pública en este terreno.

V

CATÁLOGO JENERAL

DE LAS AGUADAS

A.—Rejion de la costa marítima

1. *El Loa*, cuyo caudal es de curso continuo hasta su desembocadura, donde se arroja al mar con un volúmen de mas o ménos un metro sesenta a dos metros cuadrados de seccion por una velocidad de sesenta metros por minuto, es un valiosisimo recurso, no aprovechado aun en el estéril desierto sino apénas últimamente en el Toco como motor para la industria salitrera i un poco para cultivo de las tierras, pero ni siquiera en el grado aceptable para esta aplicacion, dada la mala calidad de sus aguas.

Esta no lo es tanto como para prescindirlas ni como bebida i usos domésticos para el hombre, siendo su principal inconveniente ser gruesas, insípidas o desagradables para el paladar no acostumbrado a ellas.

Para los ganados caballar, vacuno o lanar, no tienen inconvenientes ni propiedades perjudiciales.

El punto de la desembocadura corresponde al pa-

ralelo 21° 25' 30", siendo Punta Chilena el punto mas saliente de la costa inmediata, distante seis i medio kilómetros al sur de la boca del rio.

En la ribera misma del mar, el rio atraviesa subterráneamente el bordo de arena i aluvion para reaparecer por infiltracion en el seno de las aguas marinas.

Juncales, chépica i otras yerbas ofrecen alimento constante a los animales.

No daremos mas detalles aquí de tan importante factor del desierto, porque la hidrología de este rio será mas adelante objeto de especial consideracion.

2. *Aguada de Mamilla.*—Por los 21° 58' en la quebrada del mismo nombre, unos nueve kilómetros al sur de Punta Páquica, abundante fuente de agua dulce a cuya influencia crecen algarrobos i arbustos. Es de grande utilidad para los mineros de todas esas inmediaciones. Está a unos cien metros sobre el nivel del mar i su volúmen de agua produce mas de veinticinco mil litros en veinticuatro horas.

3. En las inmediaciones del puerto de Tocopilla, hoi importante poblacion, no hai aguadas naturales; sale agua salobre en abundancia de las minas, a cierta profundidad, solo útil para operaciones metalúrgicas i otros usos.

4. *Agua Dulce.*—De buena clase, como su nombre lo indica; es la aguada de donde se surten los importantes distritos mineros i minas esparcidas en todo el contorno a las inmediaciones de Tocopilla. Es de las aguadas del carácter de sifones naturales a la orilla del mar, pudiendo ser inundadas por sus olas en casos escepcionales.

5. *Agua de Alala.*—En la caleta de este nombre, como a cuatro kilómetros al sur de Agua Dulce, los pozos comunes abiertos en la playa alcanzan una capa

de agua de no mala calidad, i mui buenas hácia las faldas del cerro.

6. *Agua de la Higuera.*—En una quebrada de este nombre, vierte agua excelente en lo escarpado de la montaña así como tambien se ofrece en pozos comunes hácia su desembocadura en el mar, al norte de la punta llamada de Bandurrias i por caleta Copaca.

7. *Quebrada de las Cañas.*—Con su desembocadura en las inmediaciones de Cobija, contiene una aguada natural en lo escabroso de la serranía, mui bien situada para algunos mineros de aquel puerto.

8. *Agua del Algarrobo.*—Se estrae de pozos comunes en la playa, salobre; dista algunas cuadras de Cobija, al sur.

9. *Agua del Chungungo.*—Buenas aguas que vierten de las rocas escabrosas de la costa.

10. *Quebrada de Tames.*—Vierte en esta quebrada, algunos kilómetros adentro de la caleta del mismo nombre, agua abundante mui bien puesta para recurso de los pobladores de algunos importantes lugares de minas en esa desamparada rejion.

11. *Agua del Leoncito.*—A unos seis kilómetros distante de la caleta de Gualaguala, al oriente, existe una buena vertiente en la quebrada del Leoncito. Tambien en Gualaguala, como es tan comun en toda la costa, los pozos de noria alcanzan agua regularmente potable.

12. *Agua de los Hornos.*—Servia al antiguo establecimiento de fundicion de las importantes minas de Chacaya, Panizos Blancos i otros.

13. *Agua de Chacava.*—Por el paralelo de 23° a inmediaciones de la caleta de este nombre, los mineros cuentan con otra aguada, ademas de otras tambien en ciertas épocas utilizadas por sus buenos servicios.

El lugar tiene tambien recursos de leña abundante i algun pasto.

14. *Aguada Moreno.*—Situada en el estribo SO. del notable Morro Moreno i con facilidad para atracar embarcaciones menores en la inmediacion de la boca de una caverna de donde mana el agua. Esta es de buena calidad i corre constantemente.

15. *Aguada de Caleta Chimba.*—Situada al norte de Antofagasta; en el mismo desembarcadero hai agua de pozos comunes no aprovechable ni para los animales; en la quebrada adentro, a unos tres kilómetros del mar hai vertiente natural, tambien de agua salobre.

16. *Agua de la Negra.*—Situada en la Quebrada de Mateo, en la línea del ferrocarril de Antofagasta al Salar del Cármen, por el kilómetro número 16. Es abundante pero salada i de mala calidad; corre por el cauce de la quebrada i da lugar a pantanos donde se desarrolla vejetacion de brea i tolas.

17. *Agua Dulce.*—Situada en la caleta del mismo nombre, un poco al norte de la de El Cobre, i a los 24°8' de latitud i 70°32' de lonjitud O. de Greenwich; es de buena calidad i situada por providencial ocasion para rendir sus servicios.

18. *Agua de Botija.*—Son dos aguadas, como a 45 kilómetros al sur de El Cobre i próximas a la costa; pueden ser fácilmente inundadas por las aguas del mar, i figuran en el carácter de aguadas susceptibles de ser siempre útiles mediante algun cuidado.

19. *Agua de Adentro.*—Como a nueve kilómetros al sur de las anteriores i a dos i medio kilómetros de la costa, hácia adentro, por la quebrada del mismo nombre; es de vertiente, algo escasa i de mui buena calidad.

20. *Agua Colapi.*—Situada un poco al sur de Botija, en la costa; regular calidad.

21. *Agua de Miguel Díaz.*—Nueve kilómetros al sur de Botija, algo salada, adentro de una quebrada i a doscientos cincuenta metros sobre el mar.

22. *Agua de Izcuña.*—En la quebrada del mismo nombre a tres kilómetros al interior; es de regular calidad.

23. *Agua del Buitre.*—Situada un poco al sur de la anterior.

24. *Agua La Colorada.*—Situada un poco al sur de la del Buitre.

25. *Agua La Follanca.*—Un poco mas al sur de la Colorada, i casi en el quebradero de las olas del mar i a veintidos kilómetros al sur de Miguel Díaz.

26. *Agua Punta de Plata.*—Un poco al norte de la quebrada del mismo nombre i algo retirada de la costa.

27. *Agua del Cardon Quemado.*—Contra el estremo de Punta de Plata.

28. *Agua del Panul.*—Mui próxima i al sur de la anterior, en una quebrada; dista un kilómetro de la playa i su altura es de doscientos treinta metros.

29. *Agua del Trapiche.*—Al sur de la del Panul.

30. *Agua del Panulcillo.*—Al sur de la del Trapiche.

31. *Agua del Médano.*—Al sur de la del Panulcillo.

32. *Agua de las Cañas.*—Como a seis leguas al sur de Punta de Plata, es de regular calidad.

33. *Agua Morados.*—Al SE. de la anterior.

34. *Agua del Rincon.*—Al sur de Las Cañas, i arriba, en los despeñaderos, vierte el agua esquisita de Leoncito, morada de Changos.

35. *Agua de la Capilla.*—Un poco al norte de Paposo; de pique, abundante i buena.

36. *Aguadas de Paposo.*—En las inmediaciones del

puerto de este nombre, aguas esquisitas surjen de las faldas de la alta montaña en forma de arroyuelos. En el trayecto de las quebradas subiendo a las minas de la Abundancia se cultiva en varios puntos alguna hortaliza i árboles frutales. La vejetacion natural es relativamente exuberante en este tramo de la árida costa atacameña.

37. *Agua de Matancillas.*—Poco al sur de Paposo en la quebrada del mismo nombre, vierte tambien agua dulce abundante.

38. *Estancia Vieja.*—Entre Paposo i caleta Cascabeles, se cultivan árboles, especialmente higueras, formando alegre contraste con el cerro desnudo i alcanzando la vejetacion para la crianza de ovejas i mantenimiento de muchos animales.

39. *Aguada de Cascabeles.*—Quebrada adentro de esta caleta inmediata a Taltal i por donde se hace embarque de salitres procedentes del interior, abunda el agua i existen vegas de cierta importancia.

40. *Agua de Perales.*—Las faldas del cerro así llamado, cuya altura se levanta hasta 1,000 metros al N. E. del pueblo de Taltal, dan lugar a numerosas i abundantes aguadas i veguitas conocidas con el nombre de Perales, Peralito, Agua de Ramon i otras.

41. *Agua de la Brea.*—Tierras húmedas i vegosas dentro de la quebrada de Taltal, donde abunda la brea i corren aguas por cierta estension hasta abajo del salto inmediato de la Estacion del Ferrocarril.

42. *La Chépica.*—En una ramificacion de la misma quebrada e inmediata a la Brea: aguada abundante pero no mui buena.

43. *Agua Escondida.*—Detras de Taltal, al sur, quebrada de los Changos, a 8 kilómetros del mar.

44. *Agua de las Tórtolas.*—Detras de la punta San

Pedro, a 3 kilómetros de la costa, escasa i de regular clase.

45. *Aguada del Leoncito.*— Entrando hasta los nacimientos de la quebrada de este nombre frente a la caleta de Ballenita, a 8 kilómetros adentro; buena agua i abundante leña de donde se proveen los mineros de Cifunchos.

46. *Aguada del Tigrillo.*—Inmediatamente al norte de la caleta de Guanillos, despues llamada puerto Esmeralda, donde desemboca al mar la quebrada del cerro Esmeralda o Vaca Muerta; hai infiltraciones de agua dulce en la orilla de la playa, invadiéndola a veces las olas.

47. *Aguada de Guanillos.*—A 3 kilómetros de la caleta o puerto Esmeralda, por el camino para las minas de Esmeralda; hai abundante agua en las quebradas.

48. *La Cachina.*—Casi contigua a caleta Esmeralda, está del Salto, al sur, i quebrada adentro están las abundantes vegas saladas de la Cachina, pero se encuentra tambien agua dulce rompiendo a hondura de 2 a 4 metros una costra de tosca. En las vegas se alimenta algun ganado lanar.

49. *Vegas de Quinchihue.*—A 16 kilómetros del puerto de Pan de Azúcar están las vegas de este nombre i mas adentro las de Carrizalillo o *Las Bombas*, donde la abundancia del agua ha dado lugar a la fundacion de un importante establecimiento metalúrgico de reconcentracion.

50. *La Chilca.*—Aguada vecina a Quinchihue.

51. *Chañaral de las Animas.*—Quebrada adentro de este puerto están las aguas del Salado, inservibles para la bebida, pero el agua de pozos comunes es buena en algunos puntos como en los piques, hácia la Florida.

52. *Agua del Toro.*—De calidad malísima, de muerte para los animales que la beben; dista 2 kilómetros de la caleta Barquito, inmediata al puerto de Chañaral; vegetacion de plantas marinas, tola, sosa, etc.

53. *La Chañarala.*—Entre punta Infieles i caleta Barquito, entra la quebrada de este nombre; contiene agua potable i antiguamente la suministraba a los moradores de Chañaral ántes del establecimiento de las máquinas de destilacion. Hai vegas i brea.

54. *Pozo de Piñico.*—Quebrada adentro de las Animas, con buena agua de pozo comun.

55. *Flamenco.*—En las playas de este puerto, los pozos comunes dan en agua salobre, potable para los animales, pero quebrada adentro hai buenas aguadas.

56. *Vega Salada.*—En las mismas localidades de la Chañarala, quebrada de la Brea, a 2 kilómetros de la playa, vegas saladas pero con agua aprovechable al pié del cerro Mellizos. Mas adentro *La Brea*, con bastante vega i pasto; tambien mas arriba, en el ojo, agua potable; las vegas corren como 3 kilómetros.

57. *Agua de Cabeza de Vaca.*—En las caidas del portezuelo por donde se viaja de Caldera al Morado i la estancia del Potrero, del lado norte del cordon Cabeza de Vaca, hai aguas cristalinas i esquisitas que vierten de rocas graníticas.

58. *Vegas del Potrero.*—En la quebrada de ese nombre cuya entrada abre frente al puerto del Obispo, hai aguas i pastos abundantes i hasta cultivo de árboles i alguna hortaliza.

59. *Salto del Agua.*—En las subidas del portezuelo de Cabeza de Vaca hai vertientes mui hermosas de agua excelente, arbustos i leña abundante.

60. *Ramadas.*—La quebrada medianera entre punta Cabeza de Vaca i Caldera, el agua es abundante i corre a veces como un arroyuelo. Su uso fué conce-

sion hecha a don Diego de Almeida, quien la destinaba para el consumo de la poblacion de Caldera.

61. *Piques de Caldera.*—En las inmediaciones de este puerto, el agua de los pozos comunes es potable para los animales i sirve para los usos de cocina.

62. *Piques del Algarrobo.*—En las faldas de este cerro importante por sus ricas minas de cobre, los mineros se surten de catas abiertas desde antiguo en las quebradas, agua de buena calidad para la bebida i a 5 kilómetros de distancia.

63. *Agua de Chorrillos.*—Mana en pintoresca cascadita en las barrancas que bordean la costa al sur del Morro de Copiapó, agua abundante i potable donde abrevan los ganados de los pastores en las llanuras de Caldera, aprovechándose de los beneficios de la florida primavera tan hermosa todos los años i algunas veces capaces de alimentar no solo ganado menor sino tambien numeroso ganado vacuno.

64. *Rio de Copiapó.*—Vegas abundantes i buenas aguas corren en todo tiempo por la desmbocadura del valle de Copiapó, llegando a veces a echarse los sobrantes en el mar.

65. *Bahía Salada.*—Aguada de playas hai en algunas partes de esta estensa bahia, pero casi todas cegadas por el abandono. En *Punta de Paico* se labró pozo de diez metros de hondura con agua potable: se llama el agua de los *Pajaritos.*

66. *Aguada de Jertrudis.*—En las faldas del cordon que vá de Punta de Pajonales al Veladero, en caidas a las llanuras de Bahía Salada, existe esta vertiente de buena agua, mui útil para favorecer la travesía medanosa del Totoral al rio de Copiapó.

67. *Totoral Bajo.*—En la caleta de este nombre desemboca la quebrada de Totoral, donde se recojen las

infiltraciones de la estensa hoya hidrográfica del mismo nombre.

Se forman estensas vegas en su cauce hasta el pequeño pueblo de Totoral i sus aguas sobrantes se detienen a la orilla del mar formando lagunillas i pantanos del tipo de almajares, cuyos desagües probablemente están en el fondo del océano.

68. *Agua de los Burros.*—Situada en la quebrada de los Burros, no muí buena, presta servicios a las minas que median entre Totoral i Carrizal Bajo.

69. *Carrizal Bajo.*—En este puerto desaguan las abundantes vegas de Chañarcitos i Canto del Agua tan ventajosamente situadas para facilitar las industrias mineras de esas importantes localidades i hermosear el estéril territorio con verjeles de recreo i provecho para sus pobladores.

B.—Rejion del valle lonjitudinal

1. Al occidente del Loa, en la rejion que se estiende desde Chacance a Quillagua siguiendo la márjen izquierda del rio hasta las cumbres del cordon marítimo de la costa, comprendiendo las planicies salitrosas del Toco i Colupo, el agua se alcanzaria con seguridad por pozos comunes a honduras diversas, probablemente salada o salobre i buenas solamente para las operaciones industriales, como el beneficio de los calichés, etc., pero sin escluir el caso de encontrar aguas dulces en los cerros de la misma rejion fuera de la superficie cubierta de caliche.

La vecindad del rio no lo ha hecho necesario, brindándose este caudal tan providencialmente para ser aprovechado.

En la árida travesía de Chacance a Cobija, por lo tanto, no hai agua ni se ha buscado tampoco.

2. Lo mismo tiene lugar hácia el sur entre Chacance o Calama hasta dar con la vaguada del Salar del Cármen en Limon Verde i Sierra Gorda, donde, con motivo del descubrimiento de Caracoles se abrió el *Pozo de la Victoria*, que dió agua abundante pero salobre a los 45 metros de profundidad.

Dista este pozo 13 kilómetros al oriente de Sierra Gorda i su situacion corresponde a infiltraciones del cerro Limon Verde.

3. En el mismo cauce o vaguada seguida por la línea del ferrocarril desde Sierra Gorda, así como mas abajo en Pampa Alta, Salinas i todo su curso hasta el mar, el agua salobre se encuentra a diversas profundidades i donde quiera sirviendo para la industria i adaptándola para la bebida por medio de la destilacion o de la evaporacion solar.

4. *Agua de los Ratones*.—En la falda SE. del cerro de Limon Verde, camino de Caracoles a Calama, se conoce tambien con el nombre de *Aguadas Saladas*, en razon de su mala calidad, que solo las hace utilizables para los animales.

5. *Aguadas de Caracoles*.—En las minas *Descubridoras* i otras de este distrito de minas, filtra agua en abundancia a profundidad considerable, no de buena clase pero aprovechable en mui buenos servicios para las operaciones metalúrgicas. Un juego de bombas i una cañería la llevan hasta la mina Deseada, donde se benefician minerales por el sistema de amalgamacion. Asimismo en la Isla, la mina *Exilda* suministra agua para otro establecimiento metalúrgico.

6. *Manantiales de Aguas Blancas*.—En el largo i árido trecho de desierto por el valle longitudinal desde la vaguada de Salinas al norte hasta la de Taltal al sur i como en la mediania de esta estension, existen varios pozos naturales de excelente agua dulce.

Yace el agua tranquila, fresca i trasparente al nivel de la boca de los pozos, cuyo diámetro varía desde 0.40 centímetros hasta 1 metro, por una profundidad insondable uno de ellos, perteneciendo a la clase de manantiales i fuentes llamadas *behurs* en los desiertos africanos i entre nosotros verdadera aguada del tipo que llamamos *púquios*.

No se ha conocido disminucion en el nivel del agua durante todo el tiempo de su uso para las faenas salitreras; pero a pesar de esto, las especulaciones en salitres no han tenido allí considerable desarrollo por incertidumbre respecto del oríjen de esas aguas i la dificultad de averiguar si esos pozos tan adecuadamente colocados allí serán inagotables sometiéndoles a una estraccion continua por medio de bombas.

Es probable esto último, porque a cierta profundidad, en las inmediaciones, se encuentra una abundante capa de agua de la misma naturaleza.

7. *Pique Barazarte.*—Al SO. de los anteriores pozos naturales de Aguas Blancas, un pique de noria perforado en propiedad salitrera del mismo distrito, aunque en vaguada de otro oríjen, ha dado a los catorce metros de hondura con agua excelente i abundantísima.

Parece esta agua como si no correspondiera en su curso subterráneo a los surcos esteriores de las aguas aluviales sino a otro oríjen mas bien relacionado con los *púquios* de Aguas Blancas.

Siguiendo esta misma vaguada hácia abajo, en su curso al mar por la quebrada de la Negra hasta Antofagasta, los piques perforados no han alcanzado agua o la han alcanzado salada, no potable.

Así, en la confluencia de la vaguada anterior, procedente de remoto oríjen en las Serranías de Cachinal, Profeta, Providencia, etc., con la que baja directa-

mente de Aguas Blancas, el llamado pique Moreno o pique Seco no ha alcanzado agua a los cincuenta metros, pero mas abajo, siguiendo ámbas quebradas reunidas hácia la Negra, como a dos kilómetros al sur de esta aguada, se ha dado en agua salobre por medio de un pique de cuarenta metros de profundidad, llamado el *Pique Salado*.

8. *Aguas de Cachinal de la Sierra*.—En este distrito minero, centro de una poblacion ántes activa i numerosa, luego despues de formarse la sociedad anónima *Arturo Prat*, fué necesario apelar a las aguadas inmediatas de cordillera i conducir el agua al pueblo i a las minas por medio de costosas cañerías i de una estension aproximada a 40 kilómetros. Pero posteriormente, la mina *Arturo Prat* dió en profundidad agua en abundancia para lo doméstico como tambien para las operaciones industriales, haciendo innecesaria la de las cañerías.

9. En la continuacion del desierto central hasta Taltal el agua vuelve a encontrarse buena i abundante en los cauces dirijidos de oriente a poniente, naciendo en los cordones lonjitudinales de mui mediana importancia por su altura i estension que corren por esos meridianos i desaguan en el mar por medio de la quebrada de Santa Luisa i Escaleras a la caleta de Cascabeles.

Esta feliz circunstancia ha permitido el fácil i gran desarrollo de las esplotaciones salitreras en esa rejion, resultando agua potable i abundante en cuantos piques han sido perforados, tal como el llamado *Pique 8*, el *Alianza* i otros capaces de una produccion de 100 i mas metros cúbicos de agua al dia a honduras de 40, 60 i 80 metros.

Ademas, vegas naturales en *Perrito Muerto* i *Esca-*

leritas, favorecen con agua abundante a aquellas localidades.

10. Entrando a la vaguada de Taltal, receptáculo jeneral del gran sistema hidrográfico, nacido directamente de los flancos de la cordillera Domeyko desde el macizo de los Sapos hasta el del Chaco, el agua surje en cuanto pozo ha sido perforado, favoreciéndose tambien con esta circunstancia el desarrollo de la industria salitrera.

Así, las oficinas «Lautaro», «Catalina del Norte», «Los Amigos», «Germania», «Catalina del Sur», etc., etç., todas hacen su considerable consumo de agua, estrayéndola de sendos piques que la dan abundante i buena.

11. *Agua del Milagro*.—Manantial con vegas a inmediaciones de la estacion de Refresco, al NO.

12. *La Verde*.—Vegas abundantes en la estacion del mismo nombre, salobres en la superficie i fresca i excelente en capas inferiores ascendentes.

13. *La Aguada*.—Con este nombre son conocidos los abundantes manantiales aprovechados para la fundacion del importante establecimiento matalúrgico llamado «Máquina Beneficiadora de la Aguada de Cachinal», posteriormente asiento de numerosa poblacion con motivo de la bonanza de las minas de oro del Guanaco.

14. *Agua Escondida o de Las Pailas*.—Al pié sur del cerro de Las Pailas, en situacion opuesta respecto de esta montaña del pueblo de la Aguada. Es agua de vertiente, buena, sin vega.

15. *Vegas del Chaco*.—Aun cuando tienen su oríjen en las cordilleras, las catalogamos aquí porque su estension hácia abajo alcanza a favorecer a los viajeros del desierto central. Corren por bastante distancia i abundan en pastos.

16. *Vegas de Incaguasi.*—En el mismo caso de las anteriores, sirven de recurso en la travesía por el costado oriental del desierto entre el Juncal i Chaco; tambien verdes de pastos i vejetacion en regular trecho.

17. *Aguada de Mantos Blancos.*—En el camino de Taltal a Esmeralda se encuentra frente al cerro de Cifunchos agua buena a dos o tres metros de hondura.

18. *Pique de Hidalgo.*—En la posada del mismo nombre, cerca de Cifunchos, buena agua de Pique.

19. *Agua de la Isla.*—En el camino de Taltal a Esmeralda por la travesía del cerro del Difunto a dos kilómetros al sur del cerrito de «La Isla», hai aguada regular utilizable para uso de los mineros de esas inmediaciones del Pingo, San José i otras.

20. *Refresco Seco.*—En el camino actualmente i desde largo tiempo atras mui traficado por el buen estado de las minas del *Juncal* i la *Esploradora*, abundan los pozos ya citados en localidades de la pampa, pero no se ha intentado perforar otros mas adelante hácia la cordillera i de aquí resultan los nombres de Refresco Seco, donde los viajeros se alojan sin agua o las trasportan espresamente.

Se comprende de cuanto interes seria el estudio de las localidades aparentes para dar agua en tan desamparados puntos de una travesía tan importante como la de Refresco Seco. Solo la idea i su proyecto de ejecucion lo citamos para llamar la atencion i encomiar su realizacion, siendo incuestionable el buen éxito si se estudia bien la localidad i se perfora a la mas o ménos hondura conveniente.

21. *Vegas del Juncal.*—Tributarias de la quebrada que desemboca en el puerto de Pan de Azúcar, sus manantiales se reproducen en su curso hasta cerca del

mar donde ya lo hemos citado. Las leñas abundan en toda esta rejion.

22. *Agua de la Pólvora.*—Utilísima para los cateadores de esa rejion vecina al Juncal, está en la misma quebrada del Juncal, hácia abajo del agua del mismo nombre i al pié sur del cerro de la Pólvora.

23. *La Brea.*—Aguada i vegas en la misma quebrada del Juncal a algunos kilómetros mas abajo. Sirve para las minas «Altamira», «Cinco de Marzo», «Colmo» i otras.

24. *Las Bombas.*—Desde la anterior aguada de la Brea sigue el largo i aridísimo trayecto seco de la quebrada de Pan de Azúcar hasta el establecimiento de concentracion de metales situado en las abundantes vegas de aquel nombre. La buena calidad i volúmen de estas aguadas han sido un gran recurso para la industria minera allí floreciente por largos años.

25. *Pique de Aguas Dulces.*—En la travesía de Bombas i Carrizalillo al puerto de Chañaral, como tambien de los distritos de Cerro Negro i la Florida al mismo puerto, en el fondo de la quebrada afluente de la del Salado, se ha encontrado a los pocos metros de hondura agua potable, única disponible en esa rejion poblada de importantes minas.

26. *Agua de la Cruz.*—En el cauce de la gran quebrada o cajon donde se vacian las caidas de cordillera llamadas «La Encantada», estando estas vegas en situacion mui favorable para el desarrollo de numerosas minas i para las necesidades del tránsito para las cordilleras en direccion a Bolivia i República Arjentina. Son mui abundantes en buena agua con pastos i leñas, i en cuanto a estension, la fantasía les ha dado proporciones de verdadero encantamiento.

27. *Agua del Carrizo.*—Mas abajo de la Cruz, en el mismo cauce, i último surjimiento de agua en esa

profunda quebrada a su vez tributaria, mas abajo, de la del Juncal. El camino del Inca cruza por esta pequeña vega cuya profundidad vertical desde la vega del barranco es de 200 metros.

28. *Vegas de Doña Ines Chica.*—En una profunda i abrupta quebrada como las anteriores, corren arroyuelos poi entre lecho de granito con vegas i pasto. El nacimiento de éstas deriva de las faldas del esbelto cerro de Doña Ines i sus inmediaciones; agua esquisita, aprovechada en tratamiento de metales de oro i mas tarde lo será tambien en el servicio del ferrocarril lonjitudinal.

29. *Agua del Indio Muerto.*—En la falda oriental del cerro de este nombre, sin pasto ni leña, existe el manantial tambien así llamado, mui útil por su situacion i buena calidad del agua.

30. *Agua Amarga.*—Al norte de la anterior, en un pequeño afluente de la quebrada del Salado, corre agua inútil para la bebida en medio de alguna vejetacion.

31. *Agua de Castillo.*—Mas al sur de Agua Amarga i en el mismo camino, hai leña i algo de vega, pero el agua es solo regular.

32. *Agua de San Juan.*—De buena clase, quebrada adentro del camino al este del Panul.

33. *Agua del Panul.*—En la márjen derecha del Salado, cerca del andarivel en el camino de Chañaral a Pedernales, mui buena agua, leña abundante, pero no hai pasto.

34. *El Salado.*—Las aguas distribuidas a trechos por el cauce de esta profunda quebrada del desierto son siempre inútiles para la bebida por estar saturadas de sal comun aglomerada en bancos e incrustada por todo su trayecto desde sus oríjenes en la cordillera. La sal existe en un estado de pureza química i

la proporcion bastante para esplotarla industrialmente.

35. *Agua de Ramírez.*—En el centro, a media falda de la sierra de Caballo Muerto, se encuentra agua de vertiente entre las rocas, mui buena, habiendo otra aguada mas hácia la cumbre, inmediata a la altura culminante de la sierra.

36. *Pueblo Hundido.*—Vertientes famosas por su relativo gran caudal i buena calidad, por sus importantes servicios a la minería, a los viajeros i esploradores del desierto. Sirven para los usos de un establecimiento metalúrgico para fundicion i alcanza para cultivar un pequeño huerto i árboles de deliciosos frutos. Son varias vertientes del carácter de púquios i mas adelante daremos detalles de interes sobre ellas.

37. *Agua de la Piedra.*—En los faldeos del gran macizo de Vicuña hai varias aguadas; una con ese nombre ha servido especialmente a cateos de algun interes en minas de plata i plomo trabajadas en sus inmediaciones hace algunos años, como la «Teniente Serrano» i otras.

38. *Agua de Vicuña.*—Mas adentro de la montaña, al NO. de la anterior, como cuatro kilómetros.

39. *Finca de Chañaral.*—Otro oasis del desierto como Pueblo Hundido; surjen vertientes abundantes del fondo de la quebrada de Chañaral Alto, donde estrechándose sus paredes abruptas i rocallosas producen un pequeño salto, condicion jeneral de las vegas de esta naturaleza. El agua se represa en estanques i su caudal alcanza para cultivar algunos potreros i arboledas de frutos tenidos por los mas esquisitos posibles. Otras vegas de mas adentro, por la misma quebrada, las consideramos ya como en rejion de cordillera.

40. *Agua de Chañarcitos.*—Bajando quebrada abajo de la Finca, hasta enfrentar a Pueblo Hundido por el

sur i en la márjen izquierda de la misma quebrada de Chañaral, se encuentran manantiales de buena agua en las mismas circunstancias i condiciones de aquellos tipos de púquios pero no tan abundantes; sin embargo, un importante establecimiento de amalgamacion de oro ha funcionado allí i nunca el agua hizo falta para sus operaciones.

41. *Agua del Pimiento.*—Inmediata a la anterior i de igual calidad i condiciones.

42. *Piques del Inca.*—En el importante distrito de minas de oro del Inca, al norte i cerro de por medio con Tres Puntas, el agua se alcanza en cantidad i buena, desde los cuatro hasta mas metros de hondura, con facilidades para un drenaje interior por medio del cual los establecimientos de amalgamacion han podido funcionar con grande utilidad para las minas de oro del Inca.

43. *Agua de Villanueva.*—Como los piques del Inca, en plena llanura, se encuentra agua potable a cuatro metros de hondura, de la mejor clase i de inagotable volúmen al parecer. Por su situacion, ofrece sus ausilios a gran número de minas.

44. *Agua de San Pedro.*—En la famosa mina de cobre de este nombre se alcanzó agua bastante para el consumo doméstico i para las máquinas i demas necesidades de la mina.

45. *Agua de la Salitrosa.*—En la vaguada cuyos nacimientos arrancan de Tres Puntas a Flamenco i es atravesada por el *Camino de los toros*, de Copiapó a Chañaral, sirven de refresco a los arrieros i de abrevadero a los arreos de bueyes unos pozos de poca hondura i agua buena susceptible de aumentarse en mucho, verificando en larga distancia algunos trabajos de investigacion. Por su situacion figura la Salitrosa entre las aguadas mas útiles del desierto.

46. *Agua de San Juan.*—Algunos kilómetros mas al interior, en la falda SE. del cerro del mismo nombre hai pozos o piques donde el agua alcanzada es inmejorable i recientemente principian a ser objeto de algunos trabajos para aumentar su rendimiento i llevar cañería a las minas..

47. *Pique de Guamanga.*—En el centro de un activo tráfico de viajeros i arrieros entre Chañaral i las numerosas minas inmediatas. Punto tambien de alojamiento en el *Camino de los toros;* hai pozos ordinarios, con agua a los pocos metros, potable i en grande abundancia. Esta es la quebrada de San Agustin, descendente de las faldas del Chivato i Merceditas i afluente de la de Flamenco, mas abajo de la Salitrosa.

48. *Agua de la Verde.*—La mina de cobre de este nombre, situada a unos seis kilómetros al Este siguiendo el camino de los ingleses a Tres Puntas, de agua buena, es un gran recurso para numerosas minas inmediátas.

49. *Pique de Reyes Martínez.*—Entre Chimbero i Tres Puntas, camino a la Finca de lá Nueva Esperanza, agua potable, algo escasa.

50. *Pique de la Buena Esperanza.*—Digno premio a la perseverancia en el trabajo fué el haber alcanzado agua esquisita en este pozo. Empezado con timidez en plena llanura del desierto de Varas, a diez kilómetros de distancia al oriente del Chimbero i con el objeto de buscar el indispensable elemento de vida para una numerosa poblacion, fué abandonado a los 50 metros para volver despues de cierto tiempo a recomenzar su perforacion hasta los 100 metros sin haber dado con el menor indicio de agua. Pero el cascajo del terreno indicaba una sucesion regular de depósitos lacustres, i mediante un contrato fué convenida la perforacion de 100 metros mas. Todavía no

resolvieron éstos la cuestion, pero se continuó en la certidumbre de encontrar agua mas abajo i se renovó el contrato por otra tarea mas.

Fué cuestion de 20 metros mas para obtener un manantial tan fecundo en bienes como inagotable en produccion.

Los sobrantes de una estraccion bastante para dos mil almas i para las necesidades industriales de las minas dan todavía agua para un cultivo de hortaliza que constituye lo que en el desierto se llama *Finca de la Buena Esperanza*, verdadero oasis artificial de refresco i solaz para los transeuntes por aquellas arideces.

51. *Pozo de Ñanjarí.*—Siempre en el mismo llano de Varas, hácia su estremidad austral, existe un pozo así llamado desde largos años atras i a su imitacion otros han sido labrados con igual fortuna para máquinas de amalgamacion de oro de las minas de *Cachiyuyo*, obteniéndose en todos los casos a 30 i 40 metros de hondura, agua inmejorable en la cantidad requerida, como sucede con los de Máquina Atacama, Carrera Pinto e Injenio Dulcinea.

52. *Vegas de Púquios.*—En el desaguadero del antiguo lago cuyo resto por último es la cuenca hoi llamada llano de Varas, en la especie de embudo por donde el agua se precipitó en rápido torrente al traves de una grieta para vaciarse en la quebrada de Paipote, hai vegas de relativa estension que han prestado los mas valiosos servicios a las industrias mineras i metalúrgicas, dando lugar a la importante máquina de Púquios.

53. *Vegas de la Ternera.*—Entrando por la quebrada del Sauce en la de Paipote, hasta las faldas del gran macizo de la Ternera se encuentran vegas abundan-

tes. Hái algunas pequeñas aguadas en otros puntos de esta estensa sierra.

54. *Agua de los Pajaritos.*—En el angosto cajon abierto en el cerro de Cachiyuyo, entre el llano de la mina Ema i el mineral de oro de *Cachivuyo*, existe una vertiente en dura roca, mui frecuentada por las avecitás del desierto i sucia a cáusa del abandono.

55. *Agua de Cachiyuyo.*—En el mismo cerro, en una de lás quebradas detras de la mina *Diana.*

56. *Aguada de Llampos.*—En la fragosa quebradá de este nombre, los piques dán buena agua i mántenian la antigua posada que con motivo del tráfico a Tres Puntas era mui frecuentada ántes de construido el ferrocarril de Púquios.

57. *Agua de la Verde.*—En la mina de cobre de este nombre, a pocos kilómetros al NO. de la anterior posada de Llampos, hai buena agua que alcanza para el lavado de minerales en maritatas.

58. *Agua de la Medanosa.*—Al pié del portezuelo del Inca, camino de Llampos á Cachiyuyo.

59. *Agua de la Dulcinea.*—Al pié de la Sierra de Púquios donde existe la gran mina de aquel nombre.

60. *Agua del Chulo.*—Al oeste de la estacion del mismo nombre en el ferrocarril de Paipote a Púquios; agua de pique mui abundante i mui frecuentada todavía por los mineros i conductores de carretas i que antiguamente servia con exceso a las necesidades del activo tráfico a Tres Puntas.

61. *Aguada de Galleguillos.*—Camino del Chulo al oeste, en el cerro de aquel nombre a 2 kilómetros al O. del portezuelo, en caidas a quebrada del Corralillo se encuentra la referida aguada, vertiente en roca, mui bien situada para las minas de cobre de esas inmediaciones.

62. *Aguada del Morado.*—En la vertiente sur del

cordon del mismo nombre en el fondo de una quebradita distante 2 kilómetros al NE. de las minas del mismo nombre.

63. *Quebrada del Potrero.*—Separada esta quebrada de la del Morado por el cordon del mismo nombre, corre hácia la costa, i en su trayecto lo mismo que en aquélla, el agua se encuentra natural o en pozos comunes en numerosos puntos como ya quedó espresado al enumerar las aguadas de la costa.

64. *Agua del Potrillo.*—En las serranías altas al sur de la Ternera i en la vertiente izquierda de la quebrada de Paipote, abundan las aguadas naturales i de pozo. La del *Potrillo*, al pié del característico cerro de este nombre es mui buena i abundan las inmediaciones en pasto i leñas.

65. *Aguada de Pérez.*—En la quebrada de Garin ántes de llegar a la mina *Chiquitita*, así como en otras localidades inmediatas el agua potable se encuentra de mui buena clase, abundando a veces la leña.

66. *Aguada de Sandon.*—Al sur de Garin Viejo, en la márjen izquierda de la quebrada del Romero, en una pequeña quebrada, corre agua esquisita en medio de arbustos i de una vejetacion lozana.

67. *Agua del Zapallo.*—Mas adentro de Sandon, es una entre tantas otras de las mui frecuentes en esa rejion cubierta de altas montañas.

68. *Finca de Martínez.*— Verdadero verjel con abundantes arboledas i cultivos en una quebrada tambien tributaria de la del Romero como la anterior.

El alto cerro del Checo, interpuesto con su grueso volúmen entre el rio Copiapó i la profunda quebrada del Romero, derivada por numerosas ramificaciones desde las vertientes occidentales de la ante cordillera

Darwin, es oríjen de las numerosas filtraciones salidas a luz en diversos puntos de su estenso contorno i seria fatigoso enumerarlas todas, siendo por otra parte, de poco interes, por cuanto el desierto, geográfimente, así como bajo el punto de vista de los recursos industriales, termina en las inmediaciones del fértil i bien cultivado valle de Copiapó.

Asimismo, por el lado del oeste, en las vertientes occidentales del cordon de Chanchoquin a Ustaris, contando desde la ciudad de Copiapó, no escasean pequeños manantiales que dan facilidades al trabajo de minas de cobre situadas en esos parajes donde la aglomeracion de las arenas de la costa dificulta el tráfico fatigando excesivamente los animales.

Desde los cordones a lo largo del valle de Copiapó por su márjen izquierda, principia nuevamente el árido desierto, en cuya rejion inmediata a la costa, desierta de montañas notables i apénas poblada de serranías aisladas, la falta de tráfico i ausencia de minas de importancia, no ha dado lugar a perforaciones del suelo en busca de agua. En cuanto a la rejion central, la mayor necesidad de encontrarla ha dado lugar a su descubrimiento en los puntos en que ha sido necesaria.

69. *Aguada de ña Justa.*—En el antiguo camino de la travesía de Copiapó a Chañarcillo, en pozos cavados hasta seis metros de hondura en la llanura al oeste de la Sierra de Fritis o Guias, el agua regularmente potable servia para mantener majadas i bien provista posada para los viajeros.

70. *Agua del Chanchero.*—Por las inmediaciones de la anterior, al NE., entre el estremo norte de la Sierra Fritis i las faldas del cordon del valle frente a Nantoco.

71. *Agua de Castillo.*—En plena travesía, al estre-

mo sur de la misma Sierra de Fritis, en el fondo de la vaguada de Chañarcillo de Totoral i contra la mina de cobre de Castillo, hai agua de pozos de buena calidad i siempre en servicio a causa de la importancia de esa mina.

72. *Piques del Sacramento.*—Volviendo a las inmediaciones del valle, en las quebradas por donde se va a los antiguos asientos de minas de plata del *Sacramento*, *Frailes* i otros, el agua de piques es abundante en muchos puntos.

73. *Agua de las Cañas.*—Al NE. del *Sacramento*, en la falda oeste de las empinadas i ásperas sierras del rio de Copiapó, haciendo difícil el acarreo del agua hasta las minas de esas alturas, está la aguada de ese nombre i otras mas en las inmediaciones.

74. *Agua del Molle Bajo.*—En la quebrada del portezuelo del Muelle Alto en descenso a Juan Godoi i por donde corre la línea del ferrocarril.

75. *Agua de los Perros.*—En el antiguo camino de Pabellon a Chañarcillo, al pié de la cuesta, el agua es buena i sale espontánea de vertientes en el fondo de un cauce seco.

76. *Agua de Urbina.*—En el ancho cauce socabado por los torrentes antiguos en los nacimientos de la quebrada de Chañarcillo al Totoral, tan fecundo en aguas subterráneas, están los pozos de donde se ha procurado el agua para la numerosa poblacion de aquel emporio de plata durante todo su auje minero i comercial.

Los pozos de mas arriba inmediatos al cerro de Bandurrias, toman el agua a los 30 i 40 metros, pero mas abajo a 25 metros.

77. *Aguada del Algarrobito.*—Unica vertiente natural de estas inmediaciones, al costado de la mina *Manto Fontecilla*, a la cual provee para todas sus ne-

cesidades i para un establecimiento de beneficio de metales de plata por sistema Pateras.

78. *Agua del Ciego.*—Pozo frente al establecimiento de Bandurrias, tan útil como otros inmediatos al pueblo, abiertos en la misma vaguada, como en Pajonales, etc.

79. *Agua de don Juan.*—En la Sierra de Chicharras, detras de Jesus María, frente a la mina *Restauradora*, hai una aguada escasa i no mui buena al pié de las minas asi llamadas. La misma mina *Restauradora* tambien tiene agua.

80. *Agua de los Pajaritos.*—Al pié del cerro aislado, frente a Estacion del Algarrobo.

81. *Poza de milla 15.*—A los 60 metros de hondura, al traves de toda la capa aluvial de la travesía, en fondo de roca, se encontró agua inagotable i esquisita, circunstancia verificable tan a menudo como venimos viendo en numerosos puntos de esta vasta travesía atacameña en otros tiempos tan desolada i peligrosa de recorrer por los viajeros sino con muchas precauciones para no perecer de sed.

Desde aquí hasta el valle del Huasco, a lo largo de llanuras hermosísimas para el cultivo, ninguna necesidad imperiosa ha estimulado a emprender trabajos para alumbrar aguas, ni la especulacion se ha preocupado de estudiar tan interesante materia. Habiendo la gota de agua siquiera en lo indispensable para las minas i la subsistencia, el resto se prescinde i abandona por falta de otra aplicacion.

82. *Agua de la Noria.*—Al E. del Totoral, en la vaguada del Boqueron.

83. *Vegas del Totoral.*—Abundantes i estensas, son filtraciones de la hoya de Yerbas Buenas, por el Boqueron, i de Pajonales i Chañarcillo por el N. E., juntándose todas estas corrientes subterráneas en el

único alveo interno del Totoral. Hai bastante vejetacion natural i cultivos de alguna importancia en el pueblito del mismo nombre.

84. *Agua de Chorrillos, Perales i Canto del Agua i Zanjon.*—Todos estos puntos de la quebrada de Carrizal, arriba del Establecimiento de Chañarcito, abundan en vejetacion herbácea natural i lozanos cultivos donde se recrean los industriosos pobladores de aquel distrito minero.

85. *Agua del Marañon.*—En la punta del cerro del mismo nombre, posada del camino de Carrizal al Huasco, seguida de otras aguadas mas hácia el fértil valle, criadero de cabras i ovejas.

C.—Rejion de la antecordillera occidental

1. *Rio Salado.*—Principiando por la rejion del norte, el sistema hidrográfico correspondiente a estos estudios tienen por límite el rio Salado desde su oríjen en las faldas de la real cordillera de los Andes, por donde las cumbres llevan el nombre de Tátio, entre los picos culminantes de Vizcachillas i Linzor, hasta el punto de su confluencia con el Loa cerca de Chiuchiu.

Como su nombre lo indica, las aguas son saladas, contienen materias incrustantes nocivas a la vejetacion i su sabor es insoportable.

Semejantes propiedades derivan del oríjen mineral i termal de las fuentes alimentadoras del rio, verdaderos *geysers* o volcanes de agua hirviente, en partes saturada de hidrógeno sulfurado i nacientes en un lecho de fango nauseabundo.

Se ha tratado de desviar este brazo del rio para librar de su contajio a las aguas del Loa, al cual se le reune en Chiuchiu, pero la obra no ha sido estudiada

desde el punto de vista económico ni técnico en lo bastante para formular un presupuesto de gastos.

2. *Vegas de Aiquina.*—En el lugarejo de este nombre, habitado por indíjenas bolivianos, hai vegas de cierta importancia dentro del lecho i vaguada del Salado.

3. *Rio Caspana.*—Como a media carrera entre su oríjen i su confluencia con el Loa, recibe el Salado el tributo de las aguas dulces i cristalinas del pequeño rio de Caspana, ribera izquierda, malgastándose sus útiles aguas en el caudal nocivo de las aguas mineras del Salado.

4. *Aguada de Escaleras.*—Mui escasa i escondida, se encuentra en la travesía del Salar de Atacama a Caracoles, a poca distancia al sur del Bordo, distancia sin agua ni socorro alguno. Seria de suma importancia tambien esta aguada para las esploraciones de la árida rejion al sur i meseta hasta el Quimal. Está abandonada i cegada por ahora.

5. *Agua de la Teca.*—Siguiendo por las caidas occidentales de la sierra de Barros Arana sobre la altiplanicie atacameña hasta el Quimal, en el camino de Calama a San Pedro de Atacama, se encuentra una buena aguada en muchas ocasiones oportuna i salvadora de catástrofes en esta estensa travesía arenosa i estéril. Está en lo mas fatigoso de la travesía, distante unos 20 kilómetros al oeste de la cumbre de Chuschol.

6. *Aguas Dulces.*—Al pié del mismo cordon de serranías, a 20 kilómetros al E. de Caracoles, esas abundantes aguadas de pique suministraron a la numerosa poblacion de aquel distrito minero, todo el agua potable necesaria en los primeros tiempos.

7. *Aguada de San Guillermo.*—En un paraje bastante escondido entre contrafuertes de la cordillera

de Fonilac en relacion con las de Pascua. En parajes adonde, en una grande estension del desierto correspondiente al pié de las cordilleras, no existe agua i ménos se ha buscado, siendo esta la causa de la penosa o imposible esplotacion de esas rejiones medianeras entre Caracoles i Cachinal.

La perforacion de pozos de aguada por allí es una de las mas grandes necesidades dignas de toda la atencion de las autoridades i debe atender para protejer la vida de los viajeros, el éxito de las esploraciones i de la industria minera en una vírjen i seguramente rica rejion.

8. *Agua de la Providencia.*—En la estremidad norte de la sierra de este nombre, a la orilla del camino carretero de Cachinal a las salinas de Puntas Negras, se encuentra, como verdadera providencia para los viajeros i mineros de las inmediaciones, la aguada de este nombre, mui buena i típica de la clase de púquios.

9. *Agua del Loro.* – Al pié del cordon de Varas en la cordillera Domeyko i frente a la sierra del Profeta; es agua de vertiente natural aprovechada como mejor i mas inmediata por los leñadores i carboneros esplotadores de la leña todavía subsistente por esos rincones. Su situacion es al norte de las vegas de Varas.

10. *Agua de la Cebada.*—Un pequeño ojo de agua mui buena, presta grandes servicios en las travesías de Cachinal a las cordilleras, estando situado al pié de la cumbre del cordon de Sierra Aspera, vertiente del oeste e inmediata tambien al mismo camino carretero por la Providencia o Puntas Negras.

11. *Agua de Gómez.*—A media falda de la cordillera Domeyko, al E. del cerro del Profeta. Esta aguada es vecina de la del Loro, al lado opuesto de la cordillera en direccion a las salinas de Puntas Negras

i Guanaqueros, casi enteramente desconocida i mui bien situada para los viajeros que deseen tomar un camino mas directo i mucho mas corto.

12. *Agua i vegas de Varas*.—Al pié de la cordillera en el cerro que lleva ese mismo nombre. Dista 40 kilómetros al N. E. de Cachinal i desde allí se ha llevado a lo largo de esa distancia la cañería conductora de sus aguas hasta la mina Arturo Prat con ramifi caciones al Guanaco i salitreras de Taltal.

13. *Vegas de Punta del Viento*.—Cerca de las anteriores, al sur.

14. *Chépica*.—En el camino de Cachinal, por el portezuelo de Carretas a Rio Frio, casi al costado de la cañería de Varas a Arturo Prat: agua de púquios, dulce i limpia, susceptible de aumentar su caudal.

15. *Agua de Monigotes*.—Todavía mas al sur, en los mismos faldeos de la cordillera, siendo una entre varias otras por aquellos pliegues i repliegues de la cordillera de Varas.

16. *Agua de las Mulas*.—Por las mismas inmediaciones, con vegas abundantes.

17. *Agua de Varitas*.—Ojos de agua, púquios, hai a la entrada de la quebrada de este nombre.

18. *Vegas de Pastos Largos*.—Siguiendo la anterior quebrada, alguna distancia mas adentro, hai vegas de alguna importancia.

19. *Vegas de los Sapos*.—Siempre jirando al pié de la montaña de este nombre, al S. O. de su altura culminante, están las vegas del mismo nombre. Estas vegas han sido objeto de una importante especulacion para arrancar de ellas una cañería para el ferrocarril i a distancia de treinta kilómetros abajo, hasta el Guanaco i aun hasta las oficinas salitreras de Catalina del Norte.

20. *Vegas de Sandon*.—Por el pié del cerro de este

nombre; se aprovechan tambien junto con las anteriores por cañería que se reune con aquella.

21. *Vegas de Vaquillas.*—En los nacimientos de la quebrada por el portezuelo de ese nombre camino a Rio Frio, sobre la altiplanicie, hai abundantes i lozanas vegas.

22. *Vegas del Chaco.*—Desde la vertiente occidental de esta alta montaña se desprenden quebradas donde las vegas recorren considerable estension hácia abajo i con mucha agua corriente i pastos.

23. *Vegas de Incaguasi.*—Vienen en seguida, al sur, las aguas de la gran vaguada, i aquí a inmediaciones de las minas de la Ceniza, Santa Ana i otras que gozan de su útil proximidad, mui pastosa.

24. *Vegas del Juncal.*—Ocupan una larga estension desde el pié del Chaco, con cortas interrupciones, reproduciéndose en numerosos puntos en condiciones de favorecer el establecimiento de hornos de fundicion para los minerales del Juncal, Esploradora i demas centros importantes de produccion minera en esplotacion i por allí abundantes. Llegan los beneficios de las aguas de esta grande i profunda cañada abierta a cien i mas metros debajo del nivel de la llanura lonjitudinal del desierto, hasta La Brea, ya perteneciente a la rejion central ántes citada en su respectivo lugar.

25. *Vegas de la Encantada.*—La estension recorrida por las aguas en las quebradas del cordon de cordillera entre las cumbres del Bolson i Doña Ines, i las abundantes i verdes praderas resultantes, han llegado a formar allí puntos donde el ganado menor se cria en excelentes condiciones. Desde las inmediaciones de la cordillera las vegas se reproducen en La Cruz i El Carrizo, ya nombradas en la rejion central.

26. *Vegas de Acerillos, Vicuña i Doña Ines Chica.* —De las inmediaciones al norte i de las faldas mismas del esbelto cerro de Doña Ines, se desprenden las ramificaciones de otro sistema de esos profundos surcos a traves del valle del desierto, tan molestos para el tráfico pero tan benéficos para los recursos de agua, pasto i combustible que ofrecen a la industria naciente de esas importantes rejiones.

En Acerillo i Doña Ines Chica corren arroyos de límpida trasparencia sobre un lecho de granito i de arena donde tanto se garantiza la pureza de sus aguas. Como queda ántes dicho, estas aguas serán alimentadoras de las máquinas locomotoras del futuro ferrocarril lonjitudinal.

27. *Agua Amarga.*—Camino al sur de Doña Ines, se encuentra esta aguada de poca utilidad por su mala calidad.

28. *Rio Salado.*—En el fondo de este otro profundo zanjon transversal se reunen las filtraciones de las numerosas quebradas afluentes de este cauce, desde las inmediaciones de Doña Ines, al norte, hasta el Cerro Bravo, al sur.

En la cuenca hidrográfica de este rio, por entre los pliegues de la cordillera, se cuentan numerosas quebradas húmedas i pastosas, con abundantes arbustos i leñas. De las cumbres de Pedernales, a cuyo pié está el agua de *Las Tablas*, bajan humedades bastantes para producir mas abajo las aguadas de *Panul* i otras.

Por el lado del Cerro Bravo i caidas del cerro de Valientes corren las vegas de *Potrerillos* i mas abajo la *Tola* i *Pasto Cerrado*, reuniéndose al cauce de éstas la quebrada de *Aguas Dulces*, tambien abundante en vegas i recursos desde su oríjen en las faldas del macizo de Vicuña.

El *Agua Pelada*, así llamada por no haber nada de vejetacion ni nada verde en ella, abajo de la Tola i varias otras.

Estos cauces reunidos se van a desembocar en el Salado por el camino real de la cordillera que va a Doña Ines, donde las aguas, saturándose de sal en los bancos de esta materia, abundantísima en aquella gran quebrada, solo son aprovechables para beneficiarlas por sal comun.

Mas adentro de esta confluencia, a 20 kilómetros sobre la barranca de la derecha está el agua del *Panul*, en las inmediaciones del andarivel construido para elevar las carretas por sobre el salto de la quebrada que allí impedia el tráfico a la cordillera i a las borateras de Pedernales; lugar abundante ademas en pastos i leñas.

El *Agua de San Juan*.—Tambien mui buena i frecuentada, está un poco mas al N. E.

29. *Vegas de Chañaral Alto*.—He aquí otro sistema hidrográfico que se distribuye tambien en numerosas ramificaciones abundantes en alegres i utilísimas vegas. Provienen tambien sus nacimientos de las faldas de Valientes, vertiente oeste, i de las caidas de Vicuña en direccion al sur.

Las vegas del Mostazal son las mas estensas, i a estas caen las filtraciones de la quebrada del *Cajoncito*, corriendo despues en el cauce comun de la quebrada de Chañaral hasta el punto donde se produce *El Salto*, i las vegas Yaguas asoman otra vez abundantes para ir a reaparecer mas abajo en la famosa Finca de Chañaral.

Pero ántes se le reune la quebrada del Pingo con su tributo subterráneo de las aguas del *Alto de Varas*, *Salto* i otras.

30. *Quebrada de Paipote*.—A 18 kilómetros, quebrada

adentro de la estacion terminal del ferrocarril de Copiapó a Púquios, se verifica la confluencia de dos grandes cuencas geográficas conocidas con los nombres de *Quebrada de San Andres*, cuyos nacimientos arrancan entre las vertientes de S. O. del cerro Bravo i las del Ojo de Maricunga al sur; siendo *Quebrada de Maricunga* el nombre de la otra desde el mismo Ojo de Maricunga, su oríjen comun, hasta los faldeos de Tronquitos.

La quebrada de San Andres contiene las vegas de bastante estension para dar lugar a alimentar numeroso ganado i recibe como tributarias las aguas de infiltracion derivadas de otros afluentes principales como Codocedo, Coipa, Toro, Cerro Bravo i otras quebradas.

La de Maricunga se forma con los nacimientos de la quebrada Larga, la de Juntas, Hielos i muchas otras mui estensas todas ellas concurrentes a formar la serie de vegas, estanques i aguadas utilizadas por los arrieros i mineros con grandes frutos i facilidades para sus respectivas faenas en el pastoreo i las minas.

En órden descendente, desde la cordillera, las principales de ellas llevan los nombres de *Cachiyuyal*, *Pircas*, *Tapiecitas*, *Pastillos*, *Pastos Grandes*, *Obispo*, *Bolo*, *Cebolla*, *Vega Redonda* i *Puerta de Paipote*.

31. *Quebrada del Romero*.—Los nacimientos de las numerosas quebradas reunidas en una para formar la del *Romero*, con su tributaria la de Garin, ya nombrada, desembocan ámbas en la quebrada de Paipote frente a la estacion de ese nombre, yacen en las vertientes occidentales de la potente sierra occidental del rio de Figueroa, por donde se alzan las cumbres llamadas Salitrosa de San Miguel i Gato.

A sus pies yacen las vegas del *Salitral*, de *Monroi*

i de *San Miguel*, siguiendo la quebrada de este nombre hasta desembocar a la principal del Romero.

Por el lado opuesto entran numerosas ramificaciones desprendidas de sierras coronadas de nieve durante una parte del año, dando lugar a vegas como las de *Cepones*, *Duraznos*, *Cuevitas* i mas abajo Sandon, ya citada.

32. *Quebrada de Carrizalillo*.—Todavía se puede hacer mencion de esta quebrada desprendida de las prolongaciones del cordon anterior, entre el cerro del Gato i el de Leones. Forma por un lado las vegas del *Tolar* i en su cauce las de *Carrizalillito* i *Carrizalillo*, reuniendose allí a la arteria madre la quebrada procedente de Serna, poblada de numerosas i mui pastosas vegas i otras mas abajo hasta desembocar en el rio de Copiapó, frente a la estacion de Cerrillos.

Hemos llegado al rio de Copiapó, pero encontrándonos aquí con corriente de agua continua i valles cultivados de importante produccion agrícola, se desvanece la idea del desierto con su esterilidad i sus privaciones.

La cuenca hidrográfica del rio Copiapó será mas adelante objeto de la descripcion especial debida a su importancia propia i a los bienes directos e indirectos, posiblemente hacederos i por lo tanto de gran trascendencia para la provincia de Atacama.

Sigue al sur de Copiapó la hoya del Totoral, que en sus oríjenes sobre la vertiente occidental del rio de Manflas contiene numerosas aguadas de uso cómodo para los mineros, por lo inmediato, pero que la inmediacion del rio i del fértil valle no las hace de suprema necesidad para ser especialmente descritas.

Tambien se reunen a la hoya del Totoral, por la

quebrada del Boqueron, las ramificaciones i tronco principal del estenso sistema de la hoya de Cerro Blanco i del mas importante aun de la Jarılla, cuyos nacimientos deslindan con los del rio Huasco.

La profusion de las vegas i aguadas como las del *Carrizo*, *Potrerillos*, *Peineta*, etc., en los afluentes que bajan a Yerba Buena, estacion terminal del ferrocarril a Cerro Blanco i las de *Los Sapos* i *Cortadera*, al centro, i por fin las del *Alamito*, *Verraco*, *Higuerita*, *Cuevitas*, *Salitral*, *Cuñas*, que algo mas de simples aguadas del desierto pasan a ser pequeñas estancias en una rejion favorecida por lluvias de alguna consideracion i frecuencia, hacen innecesaria su agrupacion en el cuadro de las existentes en plena aridez del desierto, las cuales, por sus especiales destinos i circunstancias, hemos debido catalogar i definir en sus caractéres mas jenerales.

D.—Rejion de la altiplanicie o puna atacameña

Damos el nombre de Altiplanicie al alto valle lonjitudinal cordillerano cuya primera configuracion de tal principia a dibujarse por el sur en la laguna del Negro Francisco, frente a Copiapó, i acaba por cerrarse al norte en los nacimientos del rio de San Pedro de Atacama, mas allá del gran salar o lago del mismo nombre i a los pies del volcan Machuca; o para usar de rigor orográfico, diremos, cubre el paralelo de esta cumbre por el norte, a los 22° 35′, i el del Nevado de Jotabeche por el sur, a los 27° 38′; i por el poniente i naciente, con las respectivas ante-cordillera occidental Darwin—Domeyko—Barros Arana i la gran central Cordillera real de los Andes.

En el mapa de esta obra figura este importante detalle de la geografía de Chile con el título cientí-

fico de *Altiplanicie Philippi*, en honor del sabio naturalista i en recuerdo de su inolvidable esploracion i de su hermoso libro; pero en respeto a la tradicion histórica i oríjen filolójico le conservamos tambien su título indíjena de *puna* i la llamamos *Puna Atacameña*, porque allí está la raza, circunscrita a sus propios contornos geográficos; su propia lengua, cuyos últimos vestijios hemos recojido i logrado salvar de su total estincion; i junto con todo esto, allí está la especie pura del último ocupante, todo peculiar i orijinario, todo nativo i pegado al terreno atacameño, con nada ligado a la otra llamada Puna de Atacama, nueva creacion de las cuestiones internacionales, de sus escritores i de la diplomacia capciosa de los bolivianos para arrancar este territorio de su verdadera i lejítima ligadura al pacto de tregua de 1884.

Esto sentado, entramos a catalogar las aguadas, principiando por prevenir la dificultad de enumerarlas por órden de zonas paralelas de norte a sur, como hemos podido hacerlo para el desierto segun las distintas i bien demarcadas rejiones de la costa marítima, valle central i rejion de cordillera.

Abrazando en conjunto el aspecto físico i configuracion geográfica de esta prominente seccion de continente i pasando de Atacama al otro lado de la Cordillera real, es decir, al oriente, nos encontramos en otra altiplanicie escalonada sobre la anterior i mas ancha.

Siendo así, la altiplanicie atacameña viene a ser la porcion occidental de un conjunto, de una gran meseta andina, siendo esta, en realidad, como lo hemos definido ya en otro libro (D. i C. de Atacama, tomo II), el arranque austral de la vasta meseta boliviana. De esta manera, dentro de nuestras latitudes, la Cordillera real de los Andes determina dos altas rejiones,

limitada i apoyada la occidental por la ante-cordillera Darwin—Domeyko—Barros Arana, i la oriental por la pro-cordillera boliviano-arjentina (ántes del fallo arbitral de Buchannan) Galan—Incaguasi—Francas, etc.

Hai, por lo tanto, dos *punas*, repartidas a uno i otro lado de los Andes: una occidental o atacameña, propiamente dicha i otra oriental o de Antofagasta, segun su antigua i mas característica denominacion. Esta en su configuracion orográfica, está dividida lonjitudinalmente i por su mitad en dos partes iguales i simétricas, de lo cual habria podido servirse discreta e imparcialmente el árbitro para su inapelable sentencia.

*
* *

Al tratar de los recursos de agua en nuestra puna atacameña no importa por ahora catalogarlas sin método ni órden rigoroso, así como no importará prescindir de muchas localidades a donde el recurso del agua está inmediato a frecuentes i conocidos puntos donde las vegas i rios se encuentran al paso i a la mano.

Por otra parte, no hai necesidad de repetir aquí la descripcion hidrográfica ya ántes detalladamente hecha en el respectivo lugar del libro anterior al presente.

1. *Rio Atacama.*—Este rio caudaloso baja desde las faldas de los volcanes Putana i Machuca, recibiendo en su cuenca numerosos arroyos con bastante caudal para formar con su total un recurso de importancia para la agricultura.

Sus aguas, desde mui adentro hasta llegar al pueblo de Atacama, son salobres, pero potables i aptas para el cultivo de la tierra, dándose bien la alfalfa aprove-

chada en numeroso ganado vacuno, el maiz i muchos árboles frutales i legumbres.

2. *Rio Vilama.*—De aguas mucho mejores, buenas; viene tambien de la cordillera, de los pies del Licancaur, i cae al mismo pueblo de Atacama por su lado norte.

3. ***Baños termales de Puritama.***—De San Pedro de Atacama al N. E., a 31 i medio kilómetros de distancia, siguiendo por el rio Vilama hasta sus nacimientos, hai *cinco fuentes* de aguas termales con sus surjideros al pié i costado naciente del cajon abierto por dislocamiento de los cerros traquíticos. derivados estos de varios de los picos volcánicos vecinos, llamados de ***Puritama.*** En lengua cunza ***puri***, agua; ***tama***, caliente.

Estas fuentes, situadas a 3,950 metros sobre el nivel del mar, se hallan dispuestas, como sigue: 1.ª, poza grande de 5 metros de diámetro por uno de hondura, con aguas de 34½ grados de temperatura; 2.ª, vertiente inmediatamente al sur de la anterior, con aguas de la misma temperatura; 3.ª, vertiente situada a pocos metros al este de la anterior, con aguas de igual temperatura; 4.ª, vertiente situada en el costado naciente de la quebrada, como a 1 kilómetro al sur de la primera, un poco mas abajo de la conjuncion del arroyo formado por las vertientes anteriores i el arroyo helado de la quebrada del poniente, con agua de 31° de temperatura, i 5.ª, poza grande de baños, como la primera, en medio del riachuelo Puritama, un poco mas abajo de la conjuncion citada i un poco al norte de la vertiente número 4. Las aguas de esta última bañadera tienen temperatura de 25° solamente, por no proceder de vertiente directa, sino del agua enfriada en un trayecto mas o ménos largo i mezclada con las del arroyo helado.

Estas termas son mui visitadas por familias de Atacama, principalmente por las de indios bolivianos, a quienes mejoran las condiciones antisifilíticas. Se les atribuye tambien mui feraz i bien probada accion sobre algunas enfermedades de la piel i las relacionadas con afecciones al hígado.

Hace de mayor interes i da alguna alegría al paisaje la existencia de alguna vejetacion, sobre todo en la confluencia del Puritama con el arroyo helado.

4. *Toconao.*—Al SE. de San Pedro de Atacama, arroyo abierto en terreno traquítico con regular caudal de agua excelente; se cultivan como diez cuadras de terreno; se produce el trigo, maiz, alfalfa i mui buenas frutas i uvas, duraznos, membrillos, peras i brevas.

5. *Vegas de Tambillos.*—Al O. de Toconao, rodeado de vegas con buena agua; no hai leñas.

6. *Pocos.*—Al sur de Toconao, vertiente de agua dulce, poca agua, sin leña ni pastos.

7. *Rio Aguas Blancas.*—Baja de los volcanes inmediatos, del Hécar especialmente i como si sus aguas tuvieran un poco de alumbre, saben algo astrinjentes al paladar, pero son buenas como potables pero inadecuadas para el cultivo.

8. *Vegas de Hécar.*— Al SE. de Toconao, vegas cruzadas por un arroyo con regular caudal de agua del todo malogrado al perderse en el Salar de Atacama; agua de buena calidad; pasto i leña en abundancia.

9. *Vegas de Carvajal.*—Al sur de Tambillos, en la orilla naciente del Salar de Atacama, hai vegas i leña; el agua es de mala calidad.

10. *Sóncor.*—Al SE. de Toconao, caserío con unos 20 habitantes, agua de buena clase, abundante leña i regular cantidad de pastos. Es un valle hondo con paredes medanosas.

11. *Cámar.*—Al S. de Toconao, arroyo consistente,

de regular caudal, un poco aluminosa, pero sirve para el cultivo de alfalfas i maiz.

12. *Quelana.*—Al sur de Carvajal, un poco mejor agua, poca vega i mucha leña.

13. *Socaire.*—Al SE. de Socor, agua mui buena en esteritos; produce alfalfa i algunas verduras.

14. *Peine.*—Al SO. del anterior, aguas de buena clase; produce alfalfa, trigo i maiz. Hai chañares i algarrobos.

15. *Tilamonte.*—Al sur de Quelama, orilla naciente del Salar de Atacama, arroyo pequeño cuyas aguas se emplean para cultivar poco mas de dos cuadras de terreno, se produce alfalfa i maiz. El agua es de regular calidad para la bebida, i hai chañares i algarrobos corpulentos i pastos de cordillera en abundancia.

16. *Vegas de Socompa.*—Al S. de Tilomonte, con un pequeño arroyo i laguna, agua semi-buena, bastante pasto i leña.

17. *Tilopozo.*—Al oeste del anterior, dentro del Salar de Atacama. El agua se produce en pozos naturales i de 4 a 6 metros cuadrados de superficie, tienen una temperatura de 35° centígrados; su calidad es regular.

18. *Imilac.*—Al N. del salar de Puntas Negras, buena agua con un poco de veguitá i leña.

19. *Púquios.*—Al O. de Imilac, buena agua de vertiente al pié de las minas abandonadas de Púquios, pasto de pajonal i leña a los alrededores.

20. *Pajonales.*—Al SE. de Imilac i SO. de Púquios, hai veguitas, estero, leña en abundancia, posada con ovejas i cabras.

21. *Choschas.*—Al E. de Pajonales, veguita i leña.

22. *Agua Delgada.*—Al S. de la anterior, veguita i leña.

23. *Zorras de Guanaqueros.*—Al O. de la anterior i N. del cerro Chuculai; vega, estero i leña.

24. *Zorras.*—Al O. Guanaqueros i E. del salar de Puntas Negras, vega i estero.

25. *Puntas Negras.*—Hai dos vertientes de agua mala en el salar del mismo nombre; poco pajonal i nada de leña.

26. *Barrancas Blancas.* —Al SE. de Puntas Negras, sin pasto i poca leña.

27. *Rio Frio.*—Al S. del salar de de Puntas Negras, estero con vega i desagüe al N. hacia el salar. En el lado sur de un salar intermedio con el de Aguas Calientes i cerca del salar de la Isla, hai agua mui salada, de vertientes, sin leña ni pasto. Siempre se mantienen esperanzas de poder realizar la idea de bajar al plan las aguas pùrísimas de este arroyo por medio de una cañería, proyecto industrial de importancia, pues puede proporcionar unos mil metros cúbicos de agua en 24 horas por término medio.

28. Al pié del volcan Lastarria, cuyas columnas de vapor sulfuroso se divisan desde remota distancia en el desierto atacameño, yace una laguna profunda i sinuosa en sus contornos i de cuyos bordes se desprenden a borbotones o tranquilamente, surjidores de agua caliente que no permiten jamas la conjelacion de la laguna en muchos metros de estension a la redonda, i a pesar de una temperatura mínima, a veces tan baja como para marear—29°.

29. En el camino del salar de Incaguasi a Socaire i como a un tercio del total de la distancia entre estos puntos, del primero, hai un gran pozo de agua termal, llamado del *Agua caliente*, de temperatura elevada i cargada de sales.

30. *El Calvario.*—De Rio Frio, por Vaquillas o los

Sapos, se encuentra al pié oriental de Punta del Viento.

31. *Lino Sandoval.*—Mas al norte del anterior, en el camino de Cachinal a Rio Frio por el portezuelo de las carretas, al lado oriental de éste i mui inmediato. Es agua de pozo, buena, obtenida a un metro de hondura i presta importatísimos servicios.

Con motivo de los estudios del proyecto de cañeria de Rio Frio a Taltal, esta aguada artificial era punto obligado de descanso i alojamiento.

32. *Agua Caliente.*—Al NE. del salar de la Isla, en el estremo norte de la laguna de Agua Caliente; hai vegas i leña. El agua nace de vertientes abundantes, termales, contiene sales en disolucion, pero son potables. Despiden hidrógeno sulfurado.

33. *Los Patos.*—Veguita al oeste de la lagunita de Los Patos, con leña, al NO. de Agua Caliente.

34. *Potrero Grande.*—Al SO. del volcan Antofalla. Hai grandes vegas e inmensa cantidad de leña; atraviesa por allí un estero. Pueden invernar 200 a 300 bueyes; hai majadas de cabras i ovejas.

35. *Quebrada Honda.*—Al oeste de Potrero Grande; hai un esterito con interrupciones en dos o tres partes, formando ojitos de vega i leña.

36. *Loroguasi.*—En la orilla oeste del salar de Antofalla; pajonal i mucha leña.

37. *Cortaderita.*—Al este de Loroguasi i del salar; esterito con pequeña vega, leña i grandes cortaderas.

38. *Colorados.*—Al este de la anterior, estero sin salida como de cuatro kilómetros de largo, con vegas i leña en abundancia.

39. *El Diablo.*—Al SE. de Colorados; estero con veguita i leña; lugar hecho famoso en tres controversias internacionales con Bolivia, enredada i lastimo-

samente desfigurada la verdad geográfica en los mapas al efecto consultados.

40. *La Falda.*—Al SE. de la anterior, cerca de Antofagásta de la Sierra, al NE., pasto i leña.

41. *La Brea.*—En el estremo sur del salar situado al sur de Potrero Grande, agua con alguna vega i leña.

42. *Leon Muerto.*—Al oeste de la Brea i al SO. de Potrero Grande, esterito con vega i leña.

43. *Colorados.*—Al sur del anterior, estero con veguita i leña.

44. *Laguna Brava.*—Al SO. de la anterior, agua salada, pero potable en caso de necesidad; no hai pasto ni leña. En los alrededores hái pajonal i leña, pata de perdiz.

45. *Corrales* (Juncalito).—Al SO. de Laguna Brava, en rio Juncalito, con dos *pascanas*, corrales i nacimiento de Juncalito, con pasto i leña.

46. En el rio *Juncalito*, tributario de la laguna o gran salar de Pedernales, i como a cinco kilómetros mas arriba del alojamiento de Corrales, hai dos pozos con aguas termales de alta temperatura i desprendimiento de gas hidrógeno sulfurado, con sedimento ferruginoso i mui propias para baños medicinales.

47. *Leoncito.*—Al NO. de Corrales, con pasto i leña, estero, afluente de La Ola.

48. *La Ola* —Al NO. del anterior, estero con vegas i leñas, i como los anteriores va a desembocar a la Laguna de Pedernales.

49. *Pedernales.*—En el cordon de cerros un poco al sur del portezuelo del mismo nombre, con leña i sin pasto. De aquí se surte la boratera de Pedernales.

50. *Pastos Largos* —Al sur de la Ola, en la quebráda de Pastos Largos, nacimientos al pié sur del Cerro Bravo; vegas i leña.

51. *Maricunga.*—Esta cuenca recibe por su orilla oriente el arroyo de los *Colorados;* por el SE. el rio *Lamas*, i por el sur los derrames del *Rio Asta-Buruaga* en la Ciénaga Redonda i las de los arroyos *Pastillos*, *Pastillitos*, *Coipa i Santa Rosa.* Basta con enunciarlos así en conjunto por cuanto toda esa rejion de la altiplanicie es por demas favorecida por recursos de agua. Reunir todos estos arroyos i riachuelos por medio de un canal de circunvalacion para aprovechar sus aguas en regar la quebrada de Paipote, pasándolas por un túnel a traves de la Cuenca de Maricunga, ha sido un proyecto siempre acariciado por los habitantes de Copiapó.

52. *Cuenca del Negro Francisco.*—Está en el vértice sur desde donde nace, al pié del Nevado de Jotabeche, la altiplanicie atacameña; le caen algunos arroyos de escaso caudal, tambien materia de proyectos de canalizacion dirijiéndolos al rio de Figueroa.

53. *Laguna Verde.*—De aguas enteramente saladas i amargas. Rodeada de profundos barrancos volcánicos, no ofrece ausilio alguno a los viajeros en la larga travesía de veinte leguas mortales de fatigoso viaje de Rio Lamas a las Vegas de San Francisco; éstas, a traves del famoso portezuelo con el hito de la cuestion internacional, están en territorio arjentino.

E.—Rejion de la Puna de Antofagasta

El límite boreal de este territorio confusamente definido en el pacto de tregua indefinida entre Chile i Bolivia, es decir, una línea imajinaria de union entre las cumbres del volcan Licancaur i cerro de Sapderi prolongada hasta su interseccion con el límite arjentino-boliviano, coincide mui aproximadamente con el límite natural señalado en nuestro mapa con el nom-

bre del ilustre D'Orbigny, a quien la ciencia debe el conocimiento de la geología de aquellas rejiones.

Su límite austral es determinado por estribaciones de la cordillera real al juntarse con las de San Francisco al norte del portezuelo del hito i por el naciente i poniente las cordilleras, conocidas i citadas como limítrofes a lo largo.

De toda esta estensa superficie, el árbitro internacional, hizo la particion caprichosa i antojadiza de paralelos, meridianos, uniones de cumbres i seguiduras de serranías, tan a propósito para dirimir una cuestion geográfica como para echar dados a la suerte i tan de acuerdo con los tratados entre las partes interesadas como entre otras partes cualesquiera de todo punto ajenas a la cuestion.

Prescindiremos del límite político i completaremos, por mero interes científico i geográfico, el cuadro de las aguadas en toda la estension designada al campo de nuestras esploraciones i estudios cuando los disputados territorios estuvieron bajo la directa i efectiva ocupacion i administracion de Chile.

*
* *

Todos los rios tributarios de sus respectivas cuencas en la altiplanicie de Antofagasta son en su mayor número de composicion mineral, pero al mismo tiempo, puras i límpidas fuentes de agua potable abundan formando pequeños arroyos en las faldas de la montañas. Otras, aunque frias, están fuertemente cargadas de sales diversas.

Hacer la enumeracion de todas ellas seria entrar en una relacion demasiado prolija i vaga en cuanto a su clasificacion entre frias i termales, dulces o minerales. Solo apuntaremos aquellas que son indudablemente termales i de composicion mineral.

La vista del mapa hidrográfico, por lo demas, lo indicará todo con la necesaria precision i detalles.

1. En los nacimientos del rio de *Aguas Calientes*, cuyo desaguadero es la Laguna Verde, situada esta última al pié oriental del volcan Licancaur, hai mas vertientes de aguas termales, solo tibias, sin desprendimiento de gases. Estos nacimientos se encuentran situados directamente al este i a veintiocho kilómetros del Licancaur i a sesenta kilómetros, segun el mismo rumbo, de San Pedro de Atacama.

Las aguas son un poco salobres, mui cargadas de sales de soda i potasa, al parecer, pero potables.

2. A veinte kilómetros de estas últimas vertientes i con rumbo al este, en el rio de *Guaiyaques*, hai unas pequeñas vertientes termales, cargadas de sales de fierro i con desprendimiento de gases, sulfurosos, pero mui insignificantes.

3. *Vegas de Chagsa.*—Situadas en el cordon del mismo nombre al NO. del volcan Licancaur. Dan nacimiento a un pequeño arroyo de mui buena agua en cuyas márjenes abunda la leña.

4. *Chajnautor.*—Vegas al E. de Guaiyaque.

5. *Sapaleri.*—Al E. de Chajnautor, son largas vegas i rio con sus nacimientos mui internados al norte hasta la falda sur del cerro Sapaleri, otro nombre hecho famoso en las controversias internacionales, produciéndose confusion i lamentables errores a causa del error geográfico de los mapas, tanto en la representacion del cerro como en la del rio i el caserío de indíjenas.

6. En el rio *Rosario*, nacido directamente de los nevados de Coyaguaima, situado a 127 kilómetros al este del Licancaur i a 5 kilómetros al sur del caserío del Rosario, asiento de los famosos lavaderos de oro del mismo nombre, hai unas abundantes vertientes

de aguas termales cargadas de sales de fierro, de sabor alcalino, con desprendimiento de gases, de temperatura mui elevada para poder correr larga distancia sin enfriarse hasta como en una legua de distancia desde sus nacimientos.

7. *Pairique grande i Pairique chico*.—Dos arroyos al S. del anterior e inmediato al rio Rosario.

8. *Toro*.—Al SO. del anterior, caserío, sin vega, leña abundante, pajonales abundantes: el arroyo nace del cerro Lina i va a desembocar al rio Rosario.

9. *Olaroz grande*.—Al S. del anterior, veguita i leña, con arroyo tributario del salar de Caurchari.

10. *Olaroz chico*.—Al S. del anterior, vega, leña i arroyo, lo mismo.

11. *Lares o Bávaro*.—Vegas abundantes en pastos, aguas i leñas, al pié occidental del cerro del mismo nombre, al sur del nevado de Coyaguaima.

12. *Hoya del rio Susques i Pastos chicos*.—Nace del costado naciente del cerro Lares o Bávaro i se dirije al oriente rompiendo la cordillera oriental de la Puna para penetrar en la República Arjentina. El rio Pastos chicos baja de sur a norte i se junta al Susques.

13. *Umorchota*.—Al SE. de Socaire, pero al otro lado de los Andes, en la Puna; sin vega, poca leña i pajonal, agua escasa i de regular calidad.

14. *Vegas de Incahuasi*.—Al S. de la anterior i al estremo norte del salar de Arizargo: vega de abundante pasto, agua regular, leña mui poca.

15. *Vega de Chachas*.—Al E. de la anterior, vega pequeña, agua de buena calidad, leña abundante.

16. *Vega de Olajaca*.—Al S. de la anterior, vega grande, con leña abundante, bastante pasto i buena agua.

17. *Vega de Tolar Grande*.—Al S. de la anterior, en

la orilla naciente del salar Orizaro; vega grande, bastante leña, agua de regular calidad.

18. *Juncal.*—Al S. de la anterior, en la orilla naciente del salar de Arizaro; vega pequeña, con poca leña; agua de regular calidad.

19. *Cortadera.*—Al S. de la anterior; arroyo pequeño con agua de mui buena calidad; pasto i leña en abundancia.

20. *Rio Negro.*—Al SE. de las vegas de Hécar; esterito pequeño que forma una gran laguna; vegas pequeñas con poca leña, en la orilla poniente del salar de Rio Negro.

21. *Chamaca.*—Al SE. de la anterior; arroyo regular que va a desembocar al salar de Rio Negro, agua de mui buena clase, bastante pasto, poca leña.

22. *Perdices.*—Al SE. de la anterior; pequeñas lagunitas con agua de buena clase, bastante pajonal en sus orillas, mucha leña de varilla i pata de perdiz.

23. *Losló.*—Al SE. de la anterior; arroyo grande que va a desembocar al salar del Rincon, corriendo al sur, vega grande con bastante leña i pasto.

24. *Valle de Cátua.*—Al SE. de Losló; caserío de 25 habitantes; arroyo grande, bastante pasto i leña, crianza de cabras, llamas i ovejas.

25. *Falda Cienega.*—Al SE. del salar del Rincon, arroyito, poca vega, leña abundante.

26. *Pocitas.*—Al pié del cerro de Pocitas i al N. del salar del mismo nombre, al SE. del salar del Rincon; varios pozos, vega, abundancia de leña.

27. *Vegas de Quiron.*—Al SE. de la anterior i al E. del salar de Pocitas, vega grande, leña abundante, arroyo que se pierde ántes de llegar al salar de Pocitas.

28. *Macon.*—Al O. del salar de Pocitas casi en-

frente de la anterior; vega con regular agua, bastante leña, poco pasto.

29. *Ojo de Colorados.*—En camino que sigue al sur de Quiron i al SO. del salar Pozuelo; vega bastante, leña abundante, nacimiento de un estero que va al norte i se pierde ántes de llegar al salar de Pocitas.

30. *Tolar chico.*—Siguiendo al SO. de la anterior; pura vega, bastante leña.

31. *Tolar grande.*—Al S. de la anterior i al N. del salar de Ratones; vega pequeña, arroyo que va al O. a desembocar al Tolillar i dos ojos de agua.

32. *Incahuasi.*—En la orilla SO. del salar de Ratones; pozos, poca vega, un poco al sur del pueblo i lavaderos de oro de Incahuasi.

33. *Hombre muerto.*—Al E. de Incahuasi, orilla sur del salar de Ratones; veguita al pié norte del cerro del mismo nombre.

34. *Carachapampa.*—Ojo de agua de buena calidad, en medio de las vegas de su mismo nombre, al S. de Antofagasta de la Sierra, abundante en pasto i leña a sus alrededores.

35. *Cueros de Puruya.*—Al SO. de las anteriores, estero abundante en agua de buena calidad, poca leña.

36. *Lagunillas.*—Veguita i leña, en la República Arjentina, al S. de la de Carachapampa.

37. *Peñon.*—Al E. de Carachapampa i SE. de Antofagasta de la Sierra; vegas i terrenos i cultivados.

38. Al pié occidental del volcan *Yusler*, contra la cordillera limítrofe con la República Arjentina, camino de Lusques a Chorrillos, corre un arroyo por largo trecho dibujando su curso con una blanca estela de vapor acuoso. A sus orillas está el caserío de Castilla, de indios de la mas pura raza de los quichuas.

39. *Aguas calientes.*—Rio que se reune al rio de

los Patos i desemboca en el salar de Ratones por el lado oriental.

40. *Vega de Pastos Grandes.*—Al norte del salar del mismo nombre, con caserío, un riachuelo, poca vega i mucha leña. Este lugarejo se considera ahora como la capital de la Puna de Buchannan, pero mejor, como lugar de recursos i porvenir es el de Antofagasta.

41. *Pozuelos.*—Veguita con mucha leña, al estremo norte del salar del mismo nombre.

42. *Agua calienie.*—Al noreste de Pastos Grandes.

43. *Vegas de Samenta.*—Al sur este de Socompa, estero pequeño, agua de buena calidad, regular cantidad de pasto, bastante leña.

44. *Vegas de Cori.*—Al sur de Samenta, bastante pasto i leña; agua de buena calidad.

45. *Vegas de Cavi.*—Al sur este de Cori, agua regular i bastante pasto i leña.

46. *Vcgas de Peña Negra.*—Al sur del anterior, leña i agua en abundancia; dan nacimiento al estero de Antofalla.

47. *Vegas de Antofalla.*— Al sur este de Peña Negra; grandes vegas con buenos pastos, abundante leña i regular cantidad de agua de buena clase; se cultiva una hectárea de terreno; se produce maiz i papas Sus aguas se desvanecen en el Salar de Antofalla.

48. *Vegas de Onas.*—Al sur de Antofalla, en la orilla poniente del salar de este nombre, poco pasto, bastante leña i agua buena.

49 *Vegas de Botijuelas.*—Al sur del anterior en la orilla poniente del mismo salar, poco pasto, regular cantidad de leña; agua regular en calidad i en cantidad.

50. A 15 kilómetros al NO. de Potrero Grande i a 22 kilómetros al O. del famoso lavadero del Volcan

de Antofalla i en el lugar llamado del *Agua Caliente*, hai unas vertientes termales como las anteriores, de composicion mineral, pero potables, formando las vegas, estero i salar del mismo nombre. Estas vertientes son abundantes i su temperatura es considerable, pues apénas pueden ser soportadas por el hombre bastante resuelto a bañarse en ellas.

51. *Mojones*.—Caserío de indios al sur este de Botijuelas, al pié del gran cerro del mismo nombre; hai algun cultivo, mui buenas termas, recursos de todo i un riachuelo que corre veintidos kilómetros.

52. *Antofagasta de la Sierra*.—Poblacion de sesenta a setenta habitantes. Hai un riachuelo con buen caudal de agua, capaz de cultivos de alguna importancia, como alfalfa, maiz, cebada, papas, etc. Estensas i pastosas vegas para crianza de numeroso ganado. Existen restos de estensos cultivos de una poblacion numerosa que ha desaparecido. Las aguas se vacian en una grande i profunda laguna cuyas filtraciones deben de dar orijen a algun considerable rio subterráneo ofreciendo al geólogo e hidrólogo interesante materia de estudio para los efectos de pozos artesianos en el desierto.

53. En los oríjenes del estero de Ojo Grande, nacido de la falda norte del nevado de *Diamante*, la línea ántes boliviano-arjentina, al NE. de Antofagasta de la Sierra, hai las vertientes ya citadas de aguas termales que hacen elevar la temperatura de las del rio de Aguas Calientes en una estension de mas de 2 kilómetros hácia abajo, hasta su conjuncion con el estero del *Ojo chico*. Los dos esteros citados forman el rio de Aguas Calientes con su curso que se dirije al norte a desembocar al costado este del salar de los Ratones.

54. Al sur de estas últimas vertientes, entre la jun-

ta de los esteros Ojo Grande i Ojo Chico i la laguna del Diamante i al pié oriente del Nevado de Cancha Argolla o Toconque, en un llanito, hai unas pequeñas vertientes de aguas termales, con desprendimiento de gas sulfuroso, del jénero de las llamadas *salsas*, algunas prominentes sobre la superficie del terreno. Estas afectan formas cónicas en forma de cráter en un terreno blando de limo finísimo arcilloso.

VI

FENÓMENOS

HIDROTÉRMICOS I DE AGUAS ORDINARIAS, GEYSERIANAS, ETC., DEL DESIERTO I CORDILLERAS DE ATACAMA

A.—Relaciones i semejanzas jenerales, etc.

No se podrian separar en absoluto las aguas termales de las aguas mas o ménos minerales ordinarias.

Desde el momento de caer las aguas sobre el suelo terrestre, dejan de ser puras i pasan a contener mas o ménos proporcion de alguna sal mineral.

A su vez, las aguas termales no tienen tampoco como peculiaridad inherente a su naturaleza el carácter de ser minerales en un sentido estricto, siendo mui comun ver aguas de temperatura próxima a la ebullicion sin contener en disolucion materias salinas ajenas a lo propio de todas las aguas comunes de pozo o de vertientes dulces.

Si en estudios destinados mas directamente a fines industriales i de aplicacion especial a los intereses de la minería, estuvieran de mas las consideraciones científicas conducentes a ilustrar estos objetos principales,

no se aplicarian estas reglas a las aguas minerales, por cuanto su oríjen, sus efectos i su composicion química tienen una relacion demasiado íntima con iguales circunstancias en lo concerniente a los filones metálicos i materias minerales en jeneral, bajo cualquiera forma de yacimientos o criaderos.

La distribucion de las aguas termales en el territorio de Atacama, no sigue paralelamente a la que corresponde en el resto de Chile hácia el sur, no por razones de oríjen, sino por cuanto la configuracion topográfica del sistema andino asume formas i estructuras en condiciones mui diferentes para la reparticion geográfica de los diferentes caractéres físicos del terreno.

La cordillera de los Andes ha dejado de ser un cordon único desde cuyas cumbres se divorcian o dividen directa i netamente en rumbos opuestos las aguas que impelidas hácia abajo por la accion de gravedad hasta los respectivos océanos Atlántico i Pacífico, para pasar a levantarse sobre base mas ancha i de mayor altura, distribuyéndose en los varios sistemas determinantes de una hidrografía independiente i relativa o esclusivamente mediterránea.

Con tales diferencias, a cuarenta i sesenta leguas tierra adentro de la costa marítima, i a tres, cuatro i mas miles de metros sobre el nivel del mar, las cordilleras de Atacama ofrecen fenómenos de actividad hidrotermal dignos del mayor interes i estudio para la química geolójica i la física terrestre.

El mas raro i a la vez el mas sorprendente i magnífico ejemplo de los efectos derivados de la accion combinada del agua i el fuego, es sin duda el de los volcanes de agua del tipo de los famosos de Islandia, llamados *geysers* por los naturales de la helada isla, *géysè*, mánar ó surjir.

La ciencia universal ha conservado esta voz en todos los idiomas i la adoptaremos sin modificacion para nuestro español, aun cuando la pronunciemos tal como se escribe i con el sonido fuerte de la *g*.

Los geiseres se manifiestan solo en mui determinados puntos del globo, pero las fuentes termales comunes abundan mucho mas i son mas accesibles al alcance de su investigacion i de sus usos para el hombre.

En la altiplanicie de Atacama las hai por centenares, i en su manera de distribucion, en sus caractéres jenerales, así como en los particulares, todo concurre a agruparlas en ciertas clasificaciones i todas ellas concuerdan, punto por punto, con los fenómenos de igual naturaleza conocidos i bien estudiados en el resto del globo terrestre. Por su gran número i por la escala completa de sucesion entre los términos estremos, desde el geyser al volcan, desde la tranquila vertiente fria hasta la fuente termal en perpetua ajitacion, el geólogo, el físico i el químico, i por consecuencia el minero, tienen allí el mas vasto i fecundo campo de estudio.

La clasificacion del ilustre Mr. Elie de Beaumont estableciendo la diferencia entre las fuentes termales de *orijen volcánico* i las simples *termas minerales*, se justifica con evidencia, a pesar de la dificultad de establecer marcadas líneas de separacion, i se comprueba con ejemplos que concurren a ilustrar por medio de nuevas e importantes revelaciones, las cuestiones sobre geología minera tan vivamente interesantes a la vez para las ciencias i para la riqueza de las naciones.

En el mismo escenario, en el mismo local i casi en el mismo punto donde se verifica el hecho de una fuente hirviente acusando su inmediata relacion con

el volcan en actividad, se ve surjir tambien la fuente caliente que no ha recibido su calor ni enriquecídose con los minerales que lleva disueltos o en suspension, sino que la debe a la simple lei de aumento gradual de la temperatura en profundidad i a la vecindad del calor irradiado por otros conductos de diverso oríjen.

Sea sobre la aplicacion, sea en la vertiente misma de la cordillera que la soporta por el oeste, así como en la opuesta que la limita por el oriente, en las caidas del territorio arjentino, hai numerosas aguas termo-minerales o simplemente termales sin demostraciones de la conexion o relacion inmediata con los volcanes; ya porque la constitucion del terreno la hace sospechar, ya porque los focos de ignicion están remotos, ya porque los accidentes orográficos i el aspecto físico jeneral del paisaje circunvecino que dentro de un radio bastante dilatado no deja presumir esa relacion. I tan fuerte es la presuncion favorable a esta idea de la respectiva independencia de oríjen de las aguas calientes en estas dos clases de emanaciones subterráneas, que, en las rejiones mistas, por decirlo así, donde ámbas se manifiestan a la vez, parece que se complacen en exhibirse juntas con sus respectivas peculiaridades características.

Viajando en sentido de E. a O., por sobre el campo de traquitas, lavas i piedra pómez comprendida entre Chile i la Arjentina por el alto boquete de San Francisco, i dejadas atras las estupendas moles de aglomeraciones volcánicas de aquel territorio acribillado de cráteres, se pasa al territorio arjentino por el portezuelo de San Buenaventura o de Robledo i el esplorador se encuentra en presencia de uno de esos espectáculos de la naturaleza mas atrayentes por el interes científico i por la belleza i novedad del paisaje.

Allí se puede contemplar la superficie tersa i apacible de aguas en alto grado de temperatura manando tranquilas del fondo profundo de donde surjen, con su caudal constante en volúmen, en grado de calor i en composicion; depositando en las paredes de sus artísticos recipientes el precipitado químico que les imprime formas redondeadas, bruñidas i desbordando de ellas en tal manera como si llevaran el sello de su procedencia en las condiciones de un tranquilo oríjen geotérmico.

Otras fuentes ménos características, de igual o diferente oríjen, surjen tambien allí al lado pero en cierto grado de ajitacion, con las pulsaciones iguales i acompasadas de una fuerza luchando desde abajo perpetuamente por salir a la luz del sol.

La íntima relacion aparente entre éstas i los geyseres parece existir, apareciendo como la transicion entre éstas i las termas tranquilas, no escluye todavia la probabilidad de su oríjen en el simple calor terrestre, sea en razon del grado geotérmico o de su inmediacion a los conductos de procedencia volcánica. Si el geiser no es admisible sino mediante el alto grado de calor en sus aguas, la fuente relativamente fria, aunque en cierto grado de esfervescencia, no se esplicaria sino suponiendo diferencias de bastante importancia para modificar la teoría de la produccion de aquéllos.

Sin poder prescindir de la fuerza i razones para admitir algunos hechos naturales como la estrecha relacion entre los volcanes i los mares, reproducidos por doquiera sobre la superficie del globo, no es posible desentenderse tampoco de la razon de otros muchos hechos en contrario i tambien admisibles.

Con la esposicion de breves consideraciones meteorolójicas i de hechos físicos palpables en la alti-

planicie andina, hemos dejado esplicado en otro lugar la probabilidad de ser el subsuelo i las profundidades subterráneas de aquellas altas rejiones un receptáculo inmenso de las aguas de oríjen meteórico caidas sobre su estensa i helada superficie.

Nada nos compele, por lo tanto, a jeneralizar el hecho real i la bien fundada presuncion de ser las aguas marinas el ajente necesario de las fuerzas interiores del planeta, tan violentamente manifestadas en forma de erupciones volcánicas i escapadas en libre desahogo por entre las válvulas siempre abiertas de las fuentes termales o geyserianas.

La irresistible tendencia a jeneralizar teorías nacidas razonablemente i sin objecion ante ciertos hechos determinados i locales que las autorizan, han inducido al eminente geólogo Mr. Lapparent a increpar sobre el jeneral desconocimiento de la geografía de nuestro continente, apénas figurado en una hoja perdida de los atlas de estudio o de consulta, en la escala microscópica donde figuran nuestros Andes, su cadena de cerros volcánicos, haciéndola figurar como un cordon marítimo continuo bañado en sus plantas por las aguas del Pacífico.

Pero no solo podemos confirmar al ilustre sabio en su aseveracion de no tener los volcanes andinos minada su base por las aguas del mar, sino que, a los 100, 200 i 400 kilómetros distante de sus riberas i a los 4,000 i mas metros de altura sobre su nivel, se levantan cumbres volcánicas todavía mil i dos mil metros mas arriba sin ninguna posible conexion con las profundidades marinas a traves de un continente donde se suceden, entre éstas i aquéllas, los mas profundos accidentes i discontinuidad en la sucesion de las formaciones geológicas. Pudiéndose tambien aseverar aquí el inútil recurso de apelar a la intervencion

de reacciones químicas suponiendo inmensos depósitos subterráneos de cal viva para enjendrar el calor, así como a la existencia de yacimientos carboníferos ardiendo en las profundidades terrestres, suposiciones sustentadas por mera imajinacion i fantasía, donde la simple vista del escenario geolójico las sujiere con sus aspectos físicos i a veces estrañas esterioridades.

Los geysers, al contrario de las termas tranquilas de que veníamos haciendo mencion, yacen en aquella misma localidad, en manifiesta contradiccion con ellas; acusando en la violencia de sus esplosiones, en sus sedimentos impregnados de óxido de hierro, de sulfatos minerales i de piritas; en sus secreciones silíceas aglomeradas en torno del orificio cilíndrico formando conos o esferoides de superficie áspera i granujienta como cabezas de coliflor, la prueba de una conexion indudable de las aguas que las depositan con los conductos por donde circulan los ajentes de la actividad volcánica.

A falta de las indicaciones preciosas del análisis químico i de la esperimentacion física en los lugares mismos de la produccion de estos fenómenos, hai otros caractéres que se unen a aquellos i son igualmente reveladores, como los ruidos subterráneos, las fuertes detonaciones i la forma de los materiales arrojados en inmensidad de esferillas i fragmentos redondeados, como avellanas de estructura radiada en torno de un pequeño grano anguloso de silex, o trozo de materia pétrea cualquiera, tan pulidos i redondeados como las bolitas que la manufactura fabrica para juguete de los niños.

Mas abajo de esta localidad, las aguas termales tranquilas siguen manifestándose hasta salir completamente de la rejion volcánica de cordillera, i aun mas abajo, en plenos valles arjentinos de la provincia

de Catamarca, en Fiambalá, los famosos baños calientes a donde se dirijen en romerías los enfermos desde largas distancias en busca de salud i de milagros, son de simple agua pura, no habríamos determinado el análisis químico ni siquiera la cantidad de materias regularmente contenidas en las mejores aguas potables de mejor clase.

Las termas de Fiambalá surjen en terrenos de pizarras cristalinas, con ausencia de todo indicio volcánico i la novedad, en la composicion ordinaria de esa formacion, de la existencia de algunas capas mui delgadas de plombajina. La temperatura de las aguas alcanza a 64° centígrados.

Citamos estos hechos, aunque fuera de los límites de nuestras esploraciones en territorio chileno, porque dentro de este último, principiando por la primera fuente termal del lado de occidente, acabamos por el oriente, con la última manifestacion de la enerjía hidrotermal que no vuelve a aparecer mas en aquella dilatada distancia hasta el Atlántico, a pesar de ser surcada por potentes cadenas de montañas.

Era interesante, ademas, al citar estos ejemplos en la vertiente oriental de la meseta atacameña, establecer el hecho del ejemplo análogo en la vertiente occidental, en Copacoya, ocupando el estremo opuesto de una diagonal que une los ángulos de NO. i SE. de la altiplanicie i correspondiendo a esta misma línea de direccion el local de un tercer grupo de antiguos geysers, los de Botijuelas, en la falda oriental del Antofalla, hoi completamente cegados.

I teniéndolos, conviene por lo ménos hacer breve mencion de la existencia en nuestras cordilleras de fenómenos tan hermosos como raros i con tanta razon objeto de profundas i costosas investigaciones científicas.

En efecto, desde los principios del presente siglo cuando empezaron los sabios a ocuparse de visitar, estudiar i describir los geysers de Islandia, los únicos conocidos hasta entónces, hubo de trascurrir el tiempo hasta 1851 para producirse el descubrimiento de los de Nueva Zelandia i hasta 1869 para los de Estados Unidos de Norte América, cuyo territorio la naturaleza se ha complacido en favorecer con todas las maravillas de su creacion. La geología se ha enriquecido allí con el conocimiento de un sinnúmero de ellos, en la mas estraordinaria variedad, mas en grande i tan majestuosamente bellos como en parte alguna de la tierra.

Llaman a Islandia la *tierra del agua i del fuego*, porque los torrentes, el hielo i las vegas se estienden allí sobre un lecho volcánico i caliente todavía con las emanaciones del Hecla i los geysers.

El *Yellowstone National Park* que el gobierno de la Union Americana ha tomado bajo su patrocinio para librarlo de la invasion especuladora i conservarlo con sus maravillas intactas como objeto de estudio i escuela de observacion, ocupa en las Montañas Rocallosas una situacion análoga a la de nuestra referencia respecto de los geysers atacameños.

El suelo en ámbos casos, como tambien sucede en Islandia i en la Nueva Zelandia, es el traquitico, lávico, riolítico, confirmando así la circunstancia jeneral de ser ácidas o silíceas las rocas predominantes.

La falta de actual actividad en los volcanes de nuestra altiplanicie no es negativa de la intervencion de éstos en las emanaciones de los geysers, miéntras no haya razon para dudar de la conservacion del calor en las lavas interiores de pa adas erupciones, agregándose ademas la circunstancia de que las rocas áci-

das, porosas i penetradas de agua constituyen un buen conductor del calórico.

En cuanto a reflecciones sobre la teoría de los geysers, nada hai en contrario para aceptar como concluyentes ni siquiera para modificar las conclusiones deducidas por des Cloiseaux i Bunsen, despues de las sabias esperiencias de esos físicos ilustres.

El punto de ebullicion del agua, aumentando con la presion, es mas alto en el fondo de un conducto i mas bajo en su estremidad superior, principio físico de verdad aun mas evidente aplicándola precisamente a orificios de escape como los naturales de un geyser, estrechos, irregulares i en condiciones de impedir la niveladora circulacion de las capas de desigual temperatura.

En el caso de las fuentes hirvientes con mas o ménos ajitacion, sea que comuniquen a los jeneradores de las fuerzas volcánicas o que deriven su calor del grado geotérmico solamente, la teoria no se desmiente i al contrario se adapta a las condiciones especiales de forma i configuracion propias en particular de cada caso.

Lo dicho ántes acerca de la ninguna o poco probable conexion de algunas aguas termales en relacion con los volcanes en actividad, con las fumarolas que les han sucedido o con los geysers, podria ser estendido a todas las circunstancias productoras de agua de cierta temperatura arriba de la ordinaria, al paso que los geysers indudablemente obedecen como en Islandia, Norte-América i Zelandia, i las punas de Atacama, a ciertas líneas de demarcacion i a determinados caractéres de constitucion geolójica.

En Copacoya i los Hornitos de la Hoyada siguen el curso de los surcos mas profundos que se han labrado las aguas o han resultado primitivamente de frac-

turas en el terreno o zanjon en contorno de un lago subterráneo; el terreno en que abren es de naturaleza a propósito para ser corroido i disuelto por las aguas calientes; la edad geológica de su formacion no debe de ser anterior a las últimas etapas del período terciario i sus secreciones silíceas i afinidades con las fumarolas o volcanes en actividad, son otros tantos caractéres jenerales de nuestros geysers atacameños en perfecto paralelismo con sus semejantes de Islandia, Estados Unidos i Nueva Zelandia.

En la descripcion particular de todas nuestras termas i fuentes minerales tendremos ocasion de ampliar un poco mas algunas otras consideraciones, reservando tambien para otro lugar su complemento necesario con motivo de los depósitos metalíferos.

Miéntras tanto, bástenos recordar i referirnos al tomo I de esta obra, donde se consignan hechos relativos a la rejion del Yellowstone Park visitadas por el autor en compañía de los miembros del 5.° Congreso Geológico en 1891.

B.—Agrupaciones, distribucion, dosificacion de las aguas, etc.

1. *Formacion geyseriana de Copacoya*

No habria interes en agrupar las aguas minerales segun la clasificacion topográfica adoptada para nuestras aguadas comunes; tampoco podríamos clasificarlas en cuanto a su orijen por ser tan vagas i someras las apreciaciones aplicables a este respecto; ni en cuanto a su composicion, porque no hemos andado preparados para atender debidamente a tan delicada especialidad, habiéndonos sucedido, en todos los casos, haber malogrado el trabajo tomado algunas

veces por adulterarse las aguas coleccionadas para el análisis o haberse conservado en estado de no inspirar la confianza necesaria.

Podrian clasificarse, sin embargo, la gran mayoría de las aguas minerales, frias o termales, como cloruradas, con gran proporcion de sulfatos, especialmente los de sodio i calcio, siendo notable en las de geyseres la sílice cuyo precipitado produce las características concreciones de formas coralinas i de coliflor, o sea la *geyserita,* propiamente dicho.

Por lo jeneral, el ácido bórico tiene principal papel en estos fenómenos i el hidrójeno sulfurado tambien.

Como efectos o resultados de semejante composicion de las aguas reinantes en casi toda la estension de las cordilleras, quedan en las yeseras, salares i borateras esparcidas por el desierto central i las cuencas de la altiplanicie, en estado fósil o en el de actual formacion aun, los resíduos inagotables de un período de emanaciones líquidas en escala colosal, disminuida paulatinamente hasta subsistir todavía como restos dispersos i en agonizante actividad, los surjidores designados comunmente con el nombre jenérico de aguas *calientes* o *minerales.*

En otro órden de actividad mas antigua i mas poderosa, los efectos de tales aguas nos han dejado los resultados de la disposicion de los minerales metálicos en las infinitas i variadas formas de sus criaderos, junto con las consecuencias de su accion metamórfica i mineralizadora en la estupenda escala geológica interpuesta entre períodos correspondientes a la duracion de una eternidad de siglos.

Catalogar las aguas minerales subsistentes como últimos vestijios de la época jenésica, es la obra de un momento; pero entrar en la investigacion de las cau-

sas de su produccion i de los efectos de su accion sobre los terrenos preexistentes por donde yacieron, seria obra de mucho gasto de erudiccion i muchos años de una observacion cuyos medios quedarán a cargo de futuras jeneraciones.

El campo de accion dispuesto para la verificacion de los efectos de la hidrolojía termal puede considerarse estendido a toda la altiplanicie andina sin esceptuar un solo palmo de ella donde no se haya producido mas o ménos la influencia de las aguas subterráneas.

En lugar correspondiente de estos estudios hemos hecho la descripcion detallada de esta interesante rejion del continente sud-americano, resultando de la disposicion de sus líneas orográficas que toda su estension está dividida en un número de 55 figuras mas o ménos irregulares, grandes i pequeñas, cuencas profundas, someras ondonadas, mesetas o dorsos aplanados, cuyas áreas, sumadas una a una, forman una superficie total de 112,682 kilómetros cuadrados.

El rio Loa tiene sus oríjenes precisamente por el estremo opuesto, al norte, del territorio de la altiplanicie atacameña o puna, cayendo de ésta inmediatamente a la gran hoya de aquel rio por los nacimientos de su principal o igual afluente el rio Salado, de naturaleza i caractéres eminentemente termales i minerales, como correspondia a la composicion de las geysers de la cuenca de Copacoya, de donde nacen todas sus vertientes.

En el espacio de una hondonada crateriforme, de dimension como de cuatro kilómetros de diámetro, todo el terreno del fondo por donde marcha el viajero, parece ser una simple cáscara de sedimentos silíceos, como una simple cubierta o tapa de una inmensa caldera hirviente, de abismo insondable.

Gran número de columnas de vapor i de agua en ebullicion con el mas alto grado de temperatura propio de la elevacion de unos 3,600 metros sobre el mar, se levantan a diversas alturas produciendo desde la distancia el efecto de las humaredas de un campamento.

La ajitacion de las aguas es violentísima i se escapan produciendo el ruido característico de las calderas de vapor.

Su sabor es igual al del agua marina, un tanto diluida i su color recuerda tambien el agua de mar, reflejándose hermoso verde intenso en aquellas bocas anchas i profundas, cuando la tension interior da tregua a la ajitacion i las aguas ofrecen una superficie tranquila.

Se cuentan fácilmente hasta veinte columnas humeantes i bocas abiertas en actual actividad; pero una investigacion prolija i un levantamiento topográfico revelarian un gran número mas, aparte de muchos boquerones i orificios ya cegados del todo por la acumulacion de los sedimentos.

En ciertos trechos, parece como si la presion interior pugnara con violencia por romper la cáscara de la cubierta, viéndose puntos donde la fractura de la roca formada por el resultado de las concreciones depositadas por el líquido mineral, es fresca, desigual i sin las formas suaves, redondeadas, ocasionadas por la accion del tiempo en la superficie esterior cuando la baña constantemente el agua.

La idea de tales fracturas recientes pudiendo tener lugar en el momento de pisar el viajero sobre la frájil corteza tendida sobre un abismo hirviente, se infunde pavorosamente en el espíritu, aumentada la razon de su probabilidad por el sonido hueco, casi metálico

producido por el golpe de la uña herrada del caballo sobre las duras concreciones.

Dado el papel desempeñado por el vapor de agua i los efectos de intermitencia de su fuerza elástica en estas fuentes termales, su clasificacion entra de lleno en la categoría de los *geysers*, pero sin asumir el fenómeno las proporciones sublimes de grandiosidad exhibidas por sus análogos en los característicos ejemplos de Islandia i del Parque Nacional de Yellowstone.

En Copacoya las intermitencias de las esplosiones son en algunos de los orificios como la acompasada sucesion de las respiraciones del pulmon humano; en otros, es tumultuosa e irregular, i en algunos la columna de vapor se eleva sin intermitencia alguna quizá por períodos de tiempo mas o ménos prolongados.

La dimension de la columna líquida es en todos los geysers variada en su altura de oscilacion, de unos treinta a cuarenta centímetros, estando en actual tranquilidad los de mayores dimensiones, algunos de los cuales tienen hasta cuatro i quizá mas metros de diámetro, siendo, al parecer, no mas allá de diez metros la mayor elevacion alcanzada por los chorros de vapor sobre el nivel del orificio.

Seria necesario ir acompañado de la fortuna para llegar en el momento propicio de la produccion del fenómeno en toda su mayor esplendidez, o resignarse a residir en esos parajes algun tiempo para esperarlo.

Las concreciones formuladas por la secrecion de la materia mineral en disolucion o en suspension, se depositan al rededor de las bocas de escape mas pequeñas formando como el borde de un cráter o corona, mas de forma cilíndrica que cónica i de alturas no mayores de dos metros; pero mas jeneralmente

los boquerones carecen de esa guarnicion, manteniéndose el agua hirviente a su nivel o rebalsándolo sin proyeccion violenta.

El carácter dominante es la variedad en el aspecto físico de los diversos orificios de escape, manteniéndose, al contrario, uniformidad en la composicion del agua i en el material de las secreciones. Estas, por el aspecto, parecen solo de composicion silícea, teñidas esteriormente con los comunes colores abigarrados, resaltando el verde, el amarillo i el rojo de diversos grados de intensidad.

En este brillante carácter de las formaciones geyserianas con tan hermosos aspectos, los colores de oríjen mineral alternan con los visos esmaltados de la vejetacion de las algas tambien atributo característico de estos interesantes fenómenos.

Abundan sobre todo, en Copacoya i los Hornitos los tintes de las algas color verde intenso i anaranjado con cierto aspecto aterciopelado hácia donde el agua principia a enfriarse.

Los depósitos siliceos, a veces opalinos, toman variados aspectos de colores i forma de las incrustaciones, mas jeneralmente grises, pardos o chocolate, de consistencia terrosa i estructura laminada o porosa, a veces compactos, duros i aun con aspecto cristalino i de pedernal, sobre todo cuando su superficie es coraliforme, cuyo mas característico tipo se ve en el geyser de Botijuelas.

De paso quedó ya dicho en otra parte que esta rejion de grande actividad hidrotermal está situada al pié de los montes de Tatio, de la cordillera real de los Andes, en la prolongacion del Licancaur al norte por los volcanes en semi-actividad esparcidos entre el Putana i el de San Pedro, correspondiendo su situacion geográfica mas o ménos a la interseccion de los

paralelos de 22°20' a 22°26' i meridianos 67°55' a 68° de Greenwich, al sur de la pascana de Copacoya.

Esta rejion de los geysers está intimamente ligada con otra inmediata distante unos pocos pasos mas hácia el pié de la cordillera donde predominan las fuentes termales gaseosas, relacionándose éstas a su vez con una de las rejiones de la cordillera andina a donde con mayor enerjía subsisten aun, en las actuales solfataras i fumarolas, los restos de la pasada actividad eruptiva de los grandes volcanes.

Las fuentes gaseosas se manifiestan mas pronunciadamente segun el tipo de las llamadas *salsas* o volcanes de barro.

En un espacio circular de diez metros de diámetro, cerrado hácia el oeste por un barranco i abierto en el sentido opuesto, hierve un charco de agua de intenso color azul como si la saturara el sulfato de cobre, sobre un fondo de fango negro i fétido con el olor característico del hidrógeno sulfurado i con manchas amarillas de azufre precipitado al estado nativo.

Ajitan la superficie de este estanque nauseabundo infinitas burbujas de gas, impregnando el aire ambiente hasta hacerlo casi irrespirable, i lo pueblan de pequeños penachos blancos de vapor i de agua como abriéndose paso con dificultad a traves de la masa fangosa.

Por el lado abierto del estanque, en un suelo de limo fino arcilloso, abren concavidades de forma cónica, verdaderos embudos o conos invertidos, por cuyo orificio estrecho, obstruido por un barro rojo, espeso, de arcilla pegajosa, se escapan bajo fuerte presion los gases formando burbujones enormes que estallan con detonaciones secas i arrojan contra las paredes i a veces fuera del recipiente, una granizada de la materia

pastosa, humeante i fétida. Es del tipo del *Mud Spring de Yellowstone*.

Las aguas resultantes de estas emanaciones eminentemente minerales, al reunirse en un pequeño arroyo, se llevan un continjente en alto grado pernicioso para la calidad potable de las aguas del Salado, ya de suyo inútiles para el mismo fin desde su oríjen en los geysers, pero sin duda deben poseer como aguas de baño buenas propiedades medicinales.

Así quedan, en un solo ejemplo, dentro de un espacio relativamente reducido i accesible para ser estudiados en sus interesantes detalles, a la vista i en plena actividad, los fenómenos esteriores de toda la serie de evoluciones internas sufridas por el agua en sus peregrinaciones subterráneas bajo la poderosa accion del calor central.

Vapor de agua i ácido sulfuroso en los cráteres de las altas cumbres; vapor de agua i gases sulfhídricos en las salsas i volcanes de barro en la rejion intermedia, como transicion a las simples aguas termales i alcalinas de los geysers del fondo; i por último los restos remotamente pasados, se puede agregar, de la accion siempre poderosa en la historia de las formaciones geolójicas, ejercida por el calor como ajente primitivo i trasmitida por el agua, como medio eminentemente mineralizador en la formacion de los filones metálicos i criaderos minerales que yacen mas abajo aun, donde todo vestijio de influencia hidrotermal ha desaparecido por completo.

Por desgracia, las contrariedades sufridas en viajes de esploracion emprendidos sin comodidades i sin los recursos necesarios, hicieron malograrse los mas útiles frutos de aquella escursion, destruyéndose en el camino por nuevos parajes de la cordillera, las inte-

resantes vistas fotográficas i las muestras de aguas i barros destinados al análisis químico.

Solo podemos ofrecer los resultados de análisis de las aguas del Loa, formado por la confluencia, cerca de *Chiuchiu*, del referido Salado con las aguas puras suministradas por el otro brazo, apénas igual, si no inferior en caudal a aquél.

Segun el análisis de un autorizado químico de Lóndres, una muestra de agua estraida frente al Toco, contiene, aparte de un poco de materia orgánica, 0.367 por ciento de materia mineral, equivalente a 256.7 gramos por galon inglés.

Cloruros alcalinos	2.869
Cloruros de magnesio	299
Cloruro de calcio	400
Sulfato de calcio	28
Sílice i óxido de hierro	74
Acido carbónico	indicios.
	3.670

Esta proporcion de materia mineral es como 8 a 10 veces a lo ménos de la contenida en el agua ordinaria de los rios de agua dulce, i comparada con la del agua de mar es como si a esta se le agregara diez veces su volúmen de agua dulce.

Segun otro análisis hecho en Paris, se encontró la materia mineral en proporcion de 3.901 gramos por litro del agua natural, i su composicion como sigue:

Cloruro de sodio	228.3
Cloruro de potasio	22
Cloruro de magnesio	29.6
Cloruro de calcio	12
Carbonato de magnesio	4.5
Sílice i óxido de hierro	16
Nitrato i yoduro de sodio	indicios.

Esta composicion se refiere, pues, a las aguas reunidas del Loa, relativamente puras i dulces, con las del Salado, enteramente termales i minerales. No nos ha sido posible encontrar análisis de estas últimas, ni siquiera aproximados en exactitud.

Si se dispusiera de análisis mas completos verificados sobre aguas tomadas en los puntos convenientes para llegar a resultados ilustrativos acerca de la composicion de las aguas subterráneas en el momento i en el local mismo de su surjimiento, se descubriria indudablemente para las aguas de nuestros geysers i aguas termales de las cordilleras de Atacama, igual número i variedad de sustancias minerales encontrado mediante bien practicados análisis químicos para las de igual oríjen en *Yellowstone Parck.*

Dadas las semejanzas de composicion geológica, las análogas circunstancias físicas i la identidad en la fisiografía de las localidades de aquellas rejiones respecto de las nuestras, es indudable que el cuadro de composicion química de las aguas termales se enriqueceria con la presencia del boro, en estado de borato de cal o de sodio, o de simple ácido bórico; con yoduro i bromuro, con litio, etc., i quizá tambien con la del oro, constatable en proporcion sensible al simple ensaye industrial, como acontece con algunas rocas volcánicas, andesitas i obsidianas en relacion con aguas termales, por ejemplo las de los cerros entre Cachinal i el Guanaco.

Este hecho, que seria esplicado con mas desahogo en otro lugar, es una comprobacion interesantísima en corroboracion de los casos de presencia del oro en las aguas termales, como en Carlsbad, i despues constatada por los geólogos norte-americanos en Jellow Stone.

Comparando entre sí los dos análisis del agua, aun-

que con diferencias notables en la proporcion de ciertos elementos, lo cual puede atribuirse a los distintos locales i épocas en que las muestras habrán sido tomadas, se comprueban en cuanto a establecer la composicion clorurada de esas aguas.

En efecto, del primer análisis resulta existir el cloro en proporcion de mas de un cincuenta por ciento en el residuo mineral, correspondiendo un exceso al sodio i una fuerte proporcion al magnesio, distribuyéndose el resto entre el calcio i el potasio.

En la sílice, llama la atencion su dósis tan pequeña en el análisis de Lóndres, alcanzando solo a la mitad de lo constatado en el de Paris, dando por probable para el óxido de hierro, dosado conjuntamente, una pequeña proporcion con relacion al total.

2.—*Aguas minerales i ordinarias: su distribucion i composicion química, etc.*

Aun los rios directamente nacidos de aguas meteóricas como el de Copiapó, se impregnan en su curso hasta el mar, de una fuerte proporcion de sales alcalinas i terreo-alcalinas.

No obstante, este hecho, debido a una causa local en el trayecto de aquel fértil i lozano valle, se produce fuera de los límites de la altiplanicie i no es sino accidental.

La única fuente mineral encontrada por allí en el curso de nuestras esploraciones, consta de tres pequeños surtidores situados en la vertiente izquierda de la quebrada Seca, afluente de la del nevado de Jotabeche, a unos 4 metros de altura sobre el nivel del piso, por donde solo corre agua en tiempo de avenidas. El carácter de estas pequeñas fuentes debe corresponder a una intermitencia con mas o ménos pe-

ríodos de tiempo entre sus dias de actividad, siendo la naturaleza de sus aguas, al parecer, carbonatadas, con indudable predominio del bicarbonato sódico.

En su curso desde las alturas de sus nacimientos hácia el valle central, los afluentes del rio Copiapó sufren frecuentes estancaciones en vegas malsanas i repetidas infiltraciones en el subsuelo donde se impregnan fuertemente de sales, especialmente de sulfatos de calcio i magnesio i cloruros alcalinos. Su efecto suele ser mui nocivo a personas que no están habituadas a su uso, i su mala calidad, ya bastante sensible en la ciudad de Copiapó, aumenta a medida de su descenso hácia el mar, en cuyo trayecto hai largos trechos de terrenos cubiertos de sulfatos sódicos i magnesianos.

Su purificacion o mejoramiento para los usos industriales ha sido un problema ofrecido con fuertes primas a la aficion de los esperimentadores, pero la solucion mas práctica hasta ahora encontrada es la destilacion por el fuego segun los procedimientos ordinarios.

Con motivo de los estudios de agua potable mandados practicar en diferentes pueblos de la República por el Supremo Gobierno, el agua de Copiapó ha sido analizada por el señor P. Lemétayer.

Las muestras han sido tomadas en Pabellon, rio arriba de Copiapó, distante unos 40 kilómetros, en un punto á donde, por sus condiciones, se creia preferible la construccion de filtros para conducir el agua por cañerías para el uso de las poblaciones del tránsito a lo largo del valle.

He aquí el análisis:

	Tanto por litro	
Grado hidrotimétrico, total.......... 28°.10		
Residuo a 180°..........................	0.731	gramos
Sílice..................................	0.241	»
Fierro i alumina........................	0.015	»
Cal.....................................	0.063	»
Magnesia................................	0.040	»
Potasa..................................	0.0031	»
Soda....................................	0.079	»
Cloro...................................	0.0497	»
Acido sulfúrico.........................	0.207	»
Acido nítrico...........................	indicios	
Acido fosfórico.........................	nada	
Acido carbónico de los carbonatos.......	0.032	»
Amoniaco libre..........................	indicios	
Amoniaco albuminoide....................	indicios	
Oxíjeno consumido por la materia orgánica..	0.00217	»
Gases en disolucion............... 32 c. c.		

Acido carbónico........................	6 c. c.
Oxíjeno................................	8 c. c.
Azoe...................................	18 c. c.
Total..........................	32 c. c.

El agua para el análisis, dice el señor Lemétayer, hubo de ser filtrada por tener materias en suspension equivalentes a mas del doble de las en disolucion.

Tambien hace mencion de la presencia del cobre, la presencia de este metal no ha podido hacerse sensible en el agua del rio de Copiapó sino por efecto de una causa accidental producida por un derrame de los residuos del procedimiento metalúrgico de amalgamacion por medio de sales de cobre, adoptado como de uso jeneral en aquel valle.

Es probable entónces, con motivo de las últimas creces estraordinarias de ese rio, una invasion de las aguas salidas de madre sobre los depósitos de relaves

aglomerados desde antiguo en sus inmediaciones, disolviendo los residuos de las sales cobrizas procedentes de los beneficios.

Hecho punible i necesario de reprimir con la mayor severidad, en todo caso, no es, como se ve, sino efecto de un accidente o de un injustificable descuido, i en manera alguna una cualidad permanente del agua de Copiapó.

Por lo demas, las materias de orijen orgánico, mas eficazmente nocivas, como el ácido nítrico i el amoniaco libre i albuminoide, no se constatan sino como indicios en aquellas aguas tan cargadas de materias minerales.

Pero mas estraño es aun el considerar para el agua de Copiapó una tan enorme proporcion de sílice como la de mas de un treinta por ciento del residuo, en estado libre, porque segun la proporcion de las bases i del cloro i el ácido sulfúrico, no queda nada al estado de combinacion admisible para el ácido silícico.

Se encuentra mas digna de atencion todavía esta circunstancia, considerando los nacimientos del rio de Copiapó así como todo el curso de su trayecto, donde no intervienen hechos de naturaleza geolójica, ni de orijen subterráneo visible, ni de composicion mineralójica conocida, capaces de contribuir con tan fuerte cantidad de sílice a la mala calidad de las aguas de ese rio.

Mayor perplejidad resulta todavía ante la composicion que para las mismas aguas del rio de Copiapó dan los dos análisis practicados por el injeniero don Víctor Klein, encargado por la seccion de hidráulica de la Direccion de Obras Públicas, del estudio de un proyecto de agua potable para la ciudad de Copiapó,

si se les compara con el del señor Lemetayer, anteriormente reproducido.

Este último se refiere al agua de Pabellon, poblacion del valle situado a 40 kilómetros rio arriba de Copiapó hácia donde se ha supuesto siempre ser la calidad de las aguas mucho mejor.

De alli se surten muchas familias i tambien la Empresa del Ferrocarril para el uso de las locomotoras.

El señor Klein, para mayor precaucion, ha tomado personalmente la muestra para el análisis del punto denominado Potrero Seco, arriba del establecimiento de amalgamacion conocido con el mismo nombre.

Materias en suspension en un litro de agua: 1.580 gramos.

Residuo de un litro	0.688
Sulfato de calcio	0.193
» » aluminio	0.066
» » magnesio	0.064
» » potasio	0.053
» » sodio	0.278
Cloruro de sodio	0.034
Oxidos de hierro	indicios

Comparando algunos elementos, resulta segun este análisis una proporcion de ácido sulfúrico de 0.3657 en 0.688 de residuo, contra 0.207 que obtiene el señor Lemetayer en 0.731 de residuo; la soda figura con la proporcion de 0.1348 en el primero contra 0.079 en el segundo; el cloro en 0.0206 contra 0.0497, i finalmente el señor Klein no constata sílice, miéntras el señor Lemetayer determina ese cuerpo en la proporcion ya dicha de 0.241.

El otro análisis es tomado en el Pretil, lugar de recreo inmediato a la ciudad de Copiapó, donde mediante un tranque se represan las aguas i se destinan,

previamente filtradas, a las cañerías del uso público. He aquí el análisis:

Materias en suspension en litro de agua: 2.820 gramos.

Residuo de un litro	0.777
Sulfato de calcio	0.255
» » aluminio	0.066
» » magnesio	0.066
» » potasio	0.057
» » sodio	0.289
Cloruro de sodio	0.044
Oxido de hierro	indicios

De análisis comparativos entre el agua potable de Copiapó suministrada por la pila principal de la Plaza de Armas i diversas piletas de la ciudad i la que corre en el rio por las vegas inmediatas, don Ignacio Domeyko obtuvo los siguientes resultados:

En un litro: gramos

	Agua de la pila	Agua de la vega
Cloruro de sodio	0.105	0.120
» » potasio	0.002	0.002
Sulfato de soda	0.121	0.240
» » magnesia	0.141	0.212
» » cal	0.175	0.103
Carbonato de cal	0.050	0.203
Hierro, alúmina	0.028	0.032
Sílice	0.028	0.035
	0.650	0.947

Segun estos resultados, los habitantes se tragan por cada litro de agua, cerca de un gramo de materia sólida con buena dósis de sal de Inglaterra i piedra de cal.

En ámbas muestras de agua, ademas, el profesor Domeyko constató la presencia del hidrójeno sulfurado en cantidad notable, equivaliendo su proporcion para el agua de la vega, a 12 milígramos de azufre por litro.

Hai otro análisis del agua del rio Copiapó, mui interesante por proceder de uno de sus tres afluentes, el del sur, llamado Montosa i practicado en el laboratorio de la Sociedad de Hijiene de Santiago, es el siguiente:

	Por litro	
Residuo seco a 180°	0.186	gramos
Sílice	0.0205	»
Hierro i alumina	indicios	
Cal	0.0505	»
Magnesia	0.0109	»
Cloruros de sodio i potasio	0.0060	»
Amoniaco libre	0.0002	»
Amoniaco albuminoide	0.00035	»
Cloro	0.0059	»
Anhídrido nítrico	0.0028	»
Anhídrido sulfúrico	0.0380	»
Oxíjeno consumido por la materia orgánica	0.00184	»
Grado hidrotimétrico permanente	8	
Id. id. total	12	

De los pocos estudios químicos existentes sobre las aguas del Desierto no se deducen pruebas bastantes para someterlas a una clasificacion bastante para relacionarlas entre sí i con respecto a sus oríjenes, trabajos del mayor interes para seguir i poder descubrir el sentido de las corrientes subterráneas contribuyendo con ello a descubrir el sistema hidrolójico subterráneo.

Nada mas de algunas presunciones referentes a ciertas analojías de composicion entre las aguas del

desierto correspondiente en situacion, dentro de una misma cuenca hidrográfica o en el curso del mismo álveo esterior, con las de sus nacimientos en las cordilleras, es todo lo posible de establecer como dato de correlacion entre unas i otras.

Alguna luz resulta de comparar, a este respecto, las aguas del Loa con las igualmente cloruradas procedentes de las fuentes de cordilleras donde tiene sus nacimientos este rio, entre las cuales se ha encontrado por algunos análisis mas o ménos aproximados, una composicion análoga en la del «Ojo de Ascotan», cuyo análisis, sobre 2.12 gramos por litro arroja:

Observado		Calculado	
Cloruro...........	1.02	Cloruro de sodio....	1.33
Acido sulfúrico.......	0.14	Cloruro de calcio...	0.05
Cal..................	0.12	Cloruro de magnesio	0.50
Magnesia............	0.21	Sulfato de calcio....	0.24
Acido bórico: reaccion pronunciada.		Acido bórico.......	indicios

No hai análisis sobre las aguas del Salado i geyseres de la cordillera dignos de tomarse en algun grado de confianza, pero los hai de los baños termales de Vilama al pié del Licancaur. Altura del Ojo de Agua de Ascotan 3,750 metros. Las aguas surjen dentro de la laguna boratífera en terreno completamente de oríjen volcánico.

En 2.357 gramos:

Cloruro de sodio.................	0.9001	gramos
Cloruro de potasio	0.0546	»
Cloruro de magnesio	0.2188	»
Sulfato de sodio....................	0.1382	»
Bicarbonato de calcio..............	0.4615	»
Sílice............................	0.1154	»
Alúmina i hierro..................	0.0082	»
Acido carbónico libre..............	0.4584	»
Materias orgánicas i oxíjeno........	0.0024	»

Los gases en estado libre se reducen especialmente al ácido carbónico que por sí solo ocupa 232 centímetros cúbicos en un litro.

Don Luis Darapsky inserta un análisis de las Aguas Calientes del Llullaiyaco, que describe como sigue:

Por el NO. de la laguna corren dos termas con temperatura de 24° i densa mineralizacion.

A ménos de 100° contiene 1,755 gr. por litro:

Sílice	0.077
Cal	0.151
Acido sulfúrico	0.275
Cloruro de sodio	0.998
Arcilla	0.011
Materia orgánica	0.205
Bastante yodo.	

En Tarapacá especialmente, donde, con motivo de los infinitos pozos abiertos en busca de agua para las elaboraciones del salitre i de los estudios para dotar de agua potable a las poblaciones, se han practicado algunos análisis químicos, es tambien donde se ha podido descubrir alguna relacion de oríjen entre las aguas del subsuelo de la pampa i las de las quebradas i arroyos de oríjen en la cordillera i esparcidas por la superficie del terreno.

Las condiciones locales del subsuelo en su contenido mas o ménos frecuente i variado de sales solubles influyen a cada paso en la composicion de sus aguas i aun determinan diferencias i variaciones de ella para un mismo local, en un mismo manantial o pozo, segun el curso interior de las corrientes i su mayor o menor volúmen segun las estaciones.

Ejemplos bien constatados de esto se presentan en toda la rejion salitrera del Tamarugal i de Taltal cuyos pozos dan agua mas o ménos buena segun que

tambien así lo es en sus oríjenes o nacimientos en la cordillera, con mas la alteracion de composicion que sufren en su curso subterráneo disolviendo mayor cantidad de cloruros, sulfatos, nitratos i yoduros alcalinos (*).

Estas diferencias resultan a veces enormes como en el álveo de Lagunas, al sur de Tarapacá, que recibe las infiltraciones de la quebrada de Tamentica i cuya composicion es como sigue:

Aguas de Lagunas i Tamentica

Materia sólida contenida en un litro de estas aguas dan, respectivamente, 4.7885 i 285.500 gramos:

(*) Del Loa al norte no hai agua a la costa, ni aun donde altos cerros como Oyarvide i Carrasco provocan grandes acumulaciones de nubes, i tan poco la hai internándose al interior hasta la rejion salitrera, sino salobres, como en el Pozo de los Ingleses, por la estacion de San Juan i en algunas minas de Huantajaya, en caso idéntico a las de Tocopilla.

Por ejemplo, la mina Mascota da 5,000 a 6,000 litros diarios i la Panizo de 8,000 a 10,000 litros, a cosa de 800 metros sobre el nivel del mar.

En jeneral, en toda la zona salitrera de Tarapacá se encuentra agua en semejantes condiciones, solo buenas para el beneficio del caliche i a honduras que varian de 3 a 100 metros de hondura.

Análisis del agua de la Panizo por Goldsmith:

	Por litro
Sulfato de cal	2.694
Sulfato de soda	0 112
Sulfato de magnesia	1.891
Cloruro de sodio	0.005
Sustancias orgánicas	0.028
Gramos	4.731

Hai mucha variedad en la composicion química de las aguas de Tarapacá, lo cual, siendo uniforme la constitucion geolójica i contenido mineral de los terrenos, puede atribuirse al oríjen de donde proceden las aguas subterráneas.

	Tamentica	Lagunas
Sulfato de cal	1.4484	0.122
Sulfato de soda	0.9038	28.450
Sulfato de magnesia	0.9729	8.550
Carbonato de cal	0.1200	.....
Cloruro de sodio	1.3250	227.509
Cloruro de potasio	0.0124	12.500
Sílice	0.0040	......
Nitrato de soda	......	8.369
Litina	......	.....
Oxido de hierro	0.0020	.....
Gramos	4.7885	285.500

Ahora bien, estos 4 a 5 gramos de materia sólida contenida en un litro de agua que corre por la quebrada de Tamentica aumentan hasta 200 i mas gramos al infiltrarse en los terrenos de la pampa saturándose de sal comun i disolviendo ademas gran proporcion de sulfato de sodio, en primer lugar, de cloruro de potasio en seguida, de sulfato de magnesia i de nitrato de sodio.

A escepcion de las aguas del Loa, reconocidas como esencialmente cloruradas, las demas, como las del rio Copiapó i las de pozos cuya composicion por lo jeneral corresponde a las aguas esteriores de la superficie o surjentes en forma de vertientes naturales, son siempre sulfatadas.

El agua de Pica, de donde se surte a Iquique para los usos domésticos, tiene la siguiente composicion, notable por su apreciable cantidad de carbonato de calcio.

Grado hidrotimétrico, 13.—Contenido en un litro:

Cloruro de sodio.................	0.0674	gramos
Sulfato de sodio.................	0.1740	»
Sulfato de calcio.................	0.0455	»
Carbonato de calcio..............	0.1251	»
Carbonato de magnesio...........	0.0094	»
Oxido de aluminio	0.0042	»
Oxido de hierro....................	0.0022	»
Acido silícico..........	0.0060	»
Materia orgánica..................	0.0292	»
Pérdida de residuo por combustion.	0.0239	»
Amoniaco........................	indicio	
Total de materias fijas......	0.4869	

Miéntras tanto, las fuentes termales de las inmediaciones de Pica, mui estimadas por sus virtudes medicinales, no acusan, segun los pocos análisis conocidos, la presencia del carbonato de calcio, circunstancia que confirmaria con otro ejemplo mas, las diferencias de oríjen ántes mencionadas, estableciendo ademas este hecho la contradictoria existencia del carbonato en las aguas frias de Pica, donde mas bien no debiera contenerse i su ausencia casi completa de las aguas calientes del Resbaladero, Animas, Concoa i otras cuya temperatura es de 30°, 40° i aun mas.

El carbonato de cal, es sabido, no se disuelve en agua fria sino mui débilmente, bajo presion, en presencia de ácido carbónico libre i de sulfatos alcalinos. Es probable entónces que el contenido de este gas i la fuerte proporcion de sulfato de sodio sean la razon de la existencia del carbonato de cal en el agua potable de la cañería de Pica.

El agua de pozos en las playas marítimas o a corta distancia de ellas ofrece una composicion análoga o casi igual a la del océano.

En los pozos del Cerro de la Cruz, del puerto de

Taltal, como a una cuadra de la orilla del mar, a pocos metros de hondura, la composicion del agua es como sigue:

Cloruro de sodio	3.072
Cloruro de potasio	0.036
Cloruro de calcio	0.219
Cloruro de magnesia	0.627
Sulfato de cal	1.379
Alúmina i óxido férrico	0.016
Sílice	0.020
Carbonato de cal	vestijios.

Análisis del agua de Rio Frio por el doctor Gerzken, de Taltal. Un litro contiene:

0.0526 gramos de Na. Cl.	$= 0.0317$ Cl.
	0.0254 SiO^2
	0.1236 SO^3
	0.0685 Ca O
	0.0130 Mg O
	0.1540 CO^2
	0.0649 Na^2O

El agua tiene 8.67 grados (alemanes) de dureza total (gesamt Härte).
» » 5.70 grados pasajera (bicarbonatos
» » 2.77 » permanente.

Análisis de las aguas de Rio Frio por Aug. Dietze:

Sílice	0.024	gramos por litro.
Cal	0.038	» »
Magnesia	0,008	» »
Oxido de hierro	0 006	» »
Soda	0.025	» »
Acido sulfúrico	0.037	» »
Cloruro de sodio	0.024	» »
Acido carbónico	0.024	» »
Total por litro	0.186	

Grandes son las disparidades entre uno i otro análisis, habiendo en corroboracion del de Dietze la circunstancia de una estrecha semejanza del agua de Rio Frio, que corre al oriente de la línea de cordillera Domeyko entre las cumbres del Chaco i de Sapos.

De esta aguada de Sapos parte una de las cañerías alimentadoras de las oficinas salitreras i manan las pequeñitas vertientes al pié occidental de la misma cordillera, distinguiéndose la composicion purísima de sus aguas respecto de las de Rio Frio. Solo en contener un poco mas de sílice (en terreno traquítico) i ménos carbonatos, miéntras que en los de Sapos (en contacto de las calcáreas del lias) predominan los carbonatos sobre los sulfatos.

Al oriente de Rio Frio i norte del volcan Lastarria, en la Puna de Atacama, a 3,660 metros sobre el mar, las termas allí existentes dan para una de ellas, segun el señor Darapsky en sus interesantes estudios sobre aquellas rejiones, la siguiente aproximada composicion, a 100° i conteniendo de 1.755 gramos por litro:

Sílice	0.077
Cal	0,155
Acido sulfúrico	0.275
Cloruro de sodio	0.988
Arcilla	0.011
Materia orgánica	0.205
Bastante yodo.	

En la laguna de Los Morros del Chaco, segun el mismo autor, poderosas termas con temperatura de 24°, dan por un litro depósito de 1.070 gramos:

Cloro	0.274
Acido sulfúrico	0.252
Cal	0.210
Hidrójeno sulfurado	0.034

En el Ojo de Zorritas, al oeste i pié del Llullaiyaco, a 4,186 metros sobre el mar, con 19°2 i Zorras a 4,066 metros con 17°3 hai tambien algunos análisis, de los cuales el Ojo del Llullaiyaco da lo siguiente:

Peso específico	1.00207
Der Gtührückstand beträyt	2.730
Cloruro de sodio	2.328
Arcilla	0.224
Cal	0.161
Magnesia	0.054
Acido sulfúrico	0.185

Entre la vega del Vinito i valle de las Zorras:

Peso específico	1.100358
Cloruro de sodio	1.478
Arcilla i ácido de hierro	0.176
Cal	0.296
Magnesia	0.199
Acido sulfúrico	1.201
Materia orgánica bastante.	

Fuente termal de Turi, inmediata a San Pedro de Atacama, 2,420 metros sobre el nivel del mar:

Sales contenidas en un litro	2.357	gramos.
Acido carbónico libre	0.4584	»
Bicarbonato de cal	0.4615	»
Cloruro de sodio	0.9001	»
Cloruro de potasio	0.0546	»
Cloruro de magnesia	0.2188	»
Sílice	0.1154	»
Sulfato de soda	0.1382	»
Oxido de hierro i aluminia	0.0082	»
Materias orgánicas: óxido disponible para su oxidacion	0.0024	»
Total	2.357	gramos

Volúmenes de gases libres:

Oxígeno i azoe, 9.30 por litro.
Acido carbónico, 233.00, o sea 23.2 por ciento.
Débil reaccion alcalina al tornasol.

VII

HIDROSCOPÍA

A.—Necesidad de estudios especiales

La naturaleza árida del terreno acerca del cual escribimos i tal como la dejamos bosquejada en sus caractéres físicos i meteorolójicos, poco estimula a aconsejar costosos estudios prácticos i obras materiales sin el aliciente de segura retribucion de una apremiante necesidad, pero a lo ménos debemos insistir en demostrar el interes de ciertos reconocimientos para descubrir las condiciones propias i sobre todo geolójicas del territorio con relacion a la existencia i circulacion de las aguas subterráneas, tan dignas de ser atentamente consideradas i atendidas como objeto de preferente atencion.

Bastaria, para autorizar tales reconocimientos, la circunstancia del especial interes debido a la profusion de las riquezas hasta hoi exhibidas i aprovechadas, bastantes para merecer de los poderes públicos, si ademas no los recomendara tambien ahora la razon misma de la decadencia minera i su capacidad para volver a contribuir poderosamente al enriquecimiento i prosperidad del pais.

Cuanto dejamos establecido en pájinas anteriores i podamos avanzar ahora en materia de indagaciones hidrolójicas no puede ser sino deficiente con relacion a lo posible de obtenerse mediante el ausilio de un sistema adecuado de trabajos de especialísima aplicacion i laboriosos estudios prácticos.

Empero, conviene echar mano de cuanta nocion pueda ser aprovechada para llegar, si no a una esposicion clara i metódica de los procedimientos adecuados para descubrir la existencia de las aguas subterráneas, siquiera a la indicacion de la mayor o menor suma de probabilidades de buen éxito.

En hidrología, así como en todo, el fundamento científico debe presidir en primer lugar, i el sentido práctico debe venir en seguida a aprovechar i realizar las indispensables indicaciones del estudio razonado del terreno.

Es la ocasion de insistir mas detenidamente en este punto primordial.

El prurito de negar la eficacia del espíritu científico en la observacion de todo hecho natural, no puede tener ya cabida sino en aquellos adoradores del acaso porque no ven en el razonamiento la luz de la realidad en la idea, no la vierten en verdad demostrada i la entregan al artífice para que le dé forma, al mecánico para que la aplique i al industrial para que la esplote.

Si no se puede esperar infalibilidad de la ciencia, se puede a lo ménos confiar en que el estudio científico, como paso previo necesario ántes de lanzarse en la práctica de las operaciones, es garantía de mejor acierto i guia que señala rumbos mas determinados, si no fijos, en medio de la vaguedad de la rutina i la inconsciencia del empirismo.

La ciencia es la verdad i solo los procedimientos

científicos son aptos para la solucion de los problemas sobre la naturaleza.

Laplace encontraba la verdad buscándola por medio del cálculo matemático; Newton la deducia del raciocinio científico; Galileo la vió en las oscilaciones de una lámpara suspendida; a Franklin se le apareció deslumbrante en la luz del relámpago; Papin la sorprendió escapándose del fondo de una marmita hirviente; Humboldt i Saussure la encontraron oculta en las plegaduras de la corteza terrestre, i Darwin la persiguió desde el oríjen de las especies hasta su mas noble albergue en el cerebro del organismo humano.

I despues de descubierto el sistema de los mundos, de conocida la gravitacion universal, de construido el péndulo, de aprisionado el rayo, de manejado el vapor de agua, de revelado el secreto de la creacion i fundada la teoría del transformismo, el sentido práctico ha venido aprovechándose del alto espíritu pensador i reflexivo que presidió en la concepcion científica de tan portentosas ideas, para crear con ellas el arte de medir el espacio, de pesar los astros, de calcular el tiempo, de conversar a traves del mundo, de navegar sin viento; de leer la historia de la creacion en el libro abierto de la naturaleza i de transformar las razas perfeccionándolas.

El camino que hemos recorrido en nuestra corta vida de nacion soberana no está desierto de ideas i de hechos en el sentido del progreso moral, social i político. El progreso material lo ha cubierto de una serie continua de construcciones del arte i de la industria, pero nuestra actividad intelectual en el órden del adelanto científico, no ostenta la misma fecundidad en esa ancha vía de nuestra marcha en busca de los ideales a que el patriotismo aspira.

Importamos la ciencia de ultramar como importa-

mos sus mercaderías, dejando siempre al estranjero el cuidado de proveernos.

Desde que el geógrafo Pissis abandonó, hace un tercio de siglo su ensayo de un mapa geográfico de la República, no hemos avanzado sino los trabajos dispersos de nuestros marinos i geógrafos; desde que el naturalista Gay enriqueció las ciencias con su importante obra, solo la vocacion del sabio Philippi se ha encargado de ilustrar nuestra historia natural, i desde que el ilustre Domeyko nos inició en el conocimiento de la mineralogía patria, nadie le ha sucedido para seguir enriqueciendo el catálogo de los minerales chilenos.

I en verdad sea dicho: desde que el maestro cesó de instruirnos con sus descubrimientos en el reino mineral, i como si la mineralogía chilena hubiera sido enterrada junto con él i los laboratorios de química que por su consejo se distribuyeron por todo el pais hubieran tenido la mision del silencio, las ciencias mineras enmudecieron para siempre.

I no es porque los presupuestos públicos escatimen el dinero i éste se gaste, sino por abandono i ausencia de estímulo en favor de los estudios de observacion, dejándose a las aulas de la Universidad la tarea de colmar al estudiante con exceso de literatura i al profesor la comodidad de ahorrarse trabajos adecuados para inculcar con la práctica fecunda de la observacion lo netamente útil i aprovechable de las enseñanzas.

Así se lejisla i se procede segun métodos poco adecuados a nuestros progresos materiales, a la fácil aplicacion de los estudios de injeniería i aun al objeto perseguido i un tanto pretencioso de crear entidades científicas en el vastísimo campo de los adelantos modernos.

Podria tomarse el término medio de la enseñanza breve i práctica para hacer injenieros o peritos en las ciencias de aplicacion i usar de mas vigor científico para formar especialistas al esclusivo servicio del Estado i del progreso universal.

De no hacerse convenientemente lo uno ni lo otro, resulta el desden o indiferencia dominante sobre los estudios científicos i de observacion, i el aplauso e interes con que se reciben las invenciones felices o descubrimientos casuales, es simplemente resultado de la ignorancia que desconoce el oríjen i no comprende las causas de los hechos producidos, neta i esclusivamente derivados de las bien cultivadas ciencias de observacion.

Muchos creen que en el órden de tales hechos, las elucubraciones del geólogo no harán brotar el agua como la vara de Moises, i seguros afectan estar otros al decir, en otro terreno del dominio geolójico, que las esperanzas del minero, solo Dios mediante i por la obra de vulgares inducciones o del acaso se ven alguna vez realizadas.

Errores, malas apreciaciones, i, sobre todo, una dedicacion fatalmente apasionada por los intereses políticos, con peligroso agravio de los de otro órden mas eficaz para morijerar al pueblo i proveer a su mas desahogada subsistencia; rémoras i obstáculos contra el desarrollo industrial i científico bien entendido, retardan i aplazan indefinidamente la aclimatacion en nuestro suelo de los procedimientos que conducen al conocimiento de sus riquezas naturales i de los medios de fomento que requieren.

El agua debe de existir, como queda ya espuesto en breves consideraciones anteriores, contenida en grandes depósitos subterráneos, i los estudios geolójicos i topográficos del terreno, contraidos con especial

aplicacion al arte de descubrirlas i alumbrarlas, podrian conducir al saludable fin de tan vital asunto, haciendo mas fácil la existencia en nuestros desiertos i mas posible el fomento de las poderosas industrias que la riqueza mineral del suelo ostenta a la vista i sin duda alguna sustenta en su seno todavía inesplorado.

Donde las condiciones geolójicas del terreno sean propicias, allí la accion de la sonda haria surjir irremisiblemente el agua sin cuyo ausilio la vida es una lucha insostenible contra la muerta naturaleza del Desierto.

Los pozos artesianos ofrecen por doquiera donde la ciencia los ha labrado, la demostracion incontestable de otros tantos casos de venturoso éxito para el geólogo que ha podido darse cabal cuenta de la naturaleza i manera de existencia de las capas sedimentarias del terreno.

En todos esos ejemplos, no ha sido el acaso sino el razonado estudio del geognosta lo que ha rendido al arte hidrolójico su poder de transformar en vida i fertilidad la tierra de los eriales i páramos.

No es indispensable que el territorio sea pintoresco i risueño como la Suiza con sus constelaciones de lagos, ni como los Estados Unidos con sus mares de agua dulce, ni como Rusia, ni como Italia.

En el territorio de la industriosa Francia, no sin resistencias de la incredulidad, vacilaciones i desalientos de penosas vicisitudes, se han visto producirse centenares de manantiales i levantarse columnas de agua donde quiera que la investigacion geolójica demostró reunidas las requeridas condiciones de la hidrostática, siendo en gran número de veces mayor el de los casos felices de alumbramientos de las aguas

subterráneas en comarcas estériles, de suelo árido i falto de lluvias.

Así lo demostró la natural sagacidad i razonada esperiencia del famoso abate Paramelle que descubria con ojo certero i concepcion casi infalible la existencia de fuentes subterráneas en el estéril departamento del Lot; no por obra de empirismo o de la mera rutina en los procedimientos, sino de una natural vocacion científica ausiliada por previos estudios i razonadas observaciones del terreno en sus caractéres i composicion geolójica.

La ciencia de la tierra no se basa en hechos aislados ni teorías autorizadas sino en verdades ya sancionadas por la observacion en cuanto se refieren a la manera de sucesion i modo de existencia de los diversos elementos de que consta la corteza terrestre, con caractéres de jeneralidad confirmados por la esperiencia de los hechos en numerosos puntos del globo.

Así, por ejemplo, en la teoría de los pozos artesianos u otros medios de alumbrar aguas, son invariables los principios a que atribuimos el oríjen de los meteoros acuosos, como son idénticas tambien las maneras de su condensacion e infiltracion para distribuirse en el seno terrestre determinando el réjimen de las aguas subterráneas.

Estúdiese la constitucion geolójica del suelo, con especial atencion a las condiciones de su composicion, de su estructura i de los accidentes que ésta sufre, i téngase por cierto que en cuanto a la existencia del agua en las profundidades, no hai pais privilejiado. Fértil o estéril la comarca: Suiza o Sahara; montañas agrestes de la Araucanía o estepas peladas i arenosas del Desierto de Atacama; lluviosa o seca su condicion climatérica, el subsuelo encierra, mas o ménos, todo

un sistema hidrográfico en la distribucion de las aguas esteriores infiltradas.

Sean arroyos o ríos, lagos o mares aislados o comunicantes por canales, rápidos o saltos el réjimen subterráneo se distribuye seguramente con prescindencia de las condiciones esteriores i de la climatología atmosférica, sea por debajo de suelo húmedo o seco, cubierto de arbolado o desnudo de vejetacion; sin sujecion tampoco al calor de los rayos solares que no alcanzan a cierta hondura i dejan libre la circulacion hidrodinámica interna, sujeta solo al curso que le imprimen la composicion i estructura geolójica interior del terreno.

Entre las diversas materias de que se ocupa la geolojía, ha sido la hidrografía subterránea la que mas somera e imperfectamente describen las obras mas voluminosas de los autores.

I sin embargo, está con universal testimonio reconocida su considerable importancia en las múltiples relaciones íntimamente ligadas a las teorías fundamentales en que descansa la ciencia de la tierra, así como en las infinitas aplicaciones industriales donde el agua figura como el elemento de suprema necesidad.

En la historia de la creacion, su papel es el primero en la formacion de la corteza terrestre, tan pronto como el elemento ígneo dió lugar a su existencia sobre la superficie; i en el misterio de la maravillosa formacion de las especies minerales, de tan especial interes i valor para nosotros, su intervencion, está probado tambien, se ha ejercido en primera línea

Solo el ilustre miembro del Instituto frances, Mr. A. Daubrée, ha emprendido, con el feliz éxito de todo lo que emprende su gran talento, la primera obra especial sobre la materia, dilucidándola en tres valiosí-

simos volúmenes que llevan por título jeneral «Las Aguas Subterráneas»; i trata de ellas en las épocas antiguas i modernas, desde el punto de vista de su papel en la economía de la corteza terrestre, i de su réjimen, temperatura, composicion, oríjen i acciones químico-geológicas.

A la obra han contribuido todos los sabios del mundo.

¿Qué participacion ha cabido a Chile en la cooperacion?

Solo la debida a algunas pájinas del profesor Domeyko sobre las aguas termales de Chillan, Cauquénes i Apoquindo.

I miéntras tanto, la hidrografía interior de Chile es apénas conocida en bosquejo geográfico, i los trabajos hidrolójicos, donde los pozos artesianos multiplicarian la riqueza agrícola i donde un pozo ordinario, como en el Desierto de Atacama, mereceria incienso, nohan merecido aun ni la preocupacion de un momento de estudio a nuestras autoridades públicas.

Si no reaccionamos en este sentido daríamos razon a aquellos que no acuerdan gran mérito a los inventores modernos porque los antiguos inventaron grandes cosas que el tiempo ha olvidado i cuyo secreto no ha sido revelado.

No pediríamos tanto a nuestros lejisladores i gobernantes: nada que valga por los jardines de Babilonia o los acueductos romanos, sino algo siquiera que nos remonte al Perú de los Incas, de cuyos tiempos Garcilazo nos cuenta que se construian canales de veinte leguas de largo para llegar a cultivar unas pocas cuadras de terreno; que habia un acueducto de ciento veinte leguas de estension para conducir las aguas de una fuente hasta la cima de una alta montaña entre Parco i Picuy i grandes estensiones de tie-

rra. Otro acueducto mas considerable aun habia transformado en praderas de cultivo una vasta estension árida i desierta, sin arcos para cruzar las quebradas, ni grandes construcciones de mampostería, pero con arte i tino infalible para dar curso a las aguas. Construian pozos infinitos para facilitar el tránsito por los desiertos i para fomentar la agricultura, hasta que en esta fecunda labor los detuvieron los conquistadores españoles, ante cuya rapacidad i devastacion cesaron todas las obras del trabajo, entregándose al abandono los canales de regadío i sirviendo los pozos para sepultar en ellos los tesoros i reliquias, objeto de tantas crueldades i desenfrenada codicia.

B.—Signos indicadores de agua

Para gúiarse en la indagacion de los caractéres favorables a la existencia de aguas subterráneas i su estraccion por medio de pozos comunes, artesianos, etc., es de práctica atenerse a diversos signos por lo jeneral relacionados con la vejetacion, la topografía i ciertas condiciones geolójicas del terreno.

La industria particular ha hecho perforar el terreno del Desierto donde quiera que sus necesidades i la falta en absoluto de aguas superficiales lo ha exijido, contándose en gran número los casos felices.

En el cuadro de las aguadas, ya ántes trazado, hemos hecho especial citacion de todos ellos, quedándonos solo un poco mas por decir respecto de aquellas indicaciones enseñadas por la esperiencia i reveladas mediante el simple aspecto esterior del suelo.

Entre estos aspectos, son mui característicos algunos por sus indicaciones de humedad, a veces denunciada por el color oscuro del suelo, un tanto barroso, o corroborada la proximidad subterránea del agua por

cierta vejetacion especial que los viajeros familiarizados con el Desierto conocen perfectamente; como los cachiyuyos i la brea, los juncos i la chépica, las cortaderas, etc., etc.

Otros aspectos, como los de cierta configuracion topográfica favorable al alumbramiento natural del agua, con rara precision apreciada por ciertos prácticos; otros de carácter i circunstancias geolójicas familiares a observadores de especial sagacidad adquirida en el constante afan de buscar una gota de agua salvadora, u otros que con razonado criterio o por mero don natural usan de otros signos con el mismo fin, son tambien eficaces ausiliares cuyos medios procuraremos dar a conocer.

1.—*Signos vejetales*

Las plantas hidrófilas, cuya etimolojía las define por sí sola como amantes del agua, forman en el Desierto un grupo mui conocido de los esploradores i viajeros.

En jeneral, sin embargo, estos signos hidrolójicos relacionados con la vejetacion, son en muchos casos ilusorios o aparentes, como sucede en ciertos lugares a donde algunos arbustos i yerbas crecen a merced de las humedades atmosféricas cuya condensacion es favorecida por la topografía del suelo i la naturaleza del terreno.

Este hecho se produce así, en grande escala, por las circunstancias ya esplicadas respecto a la influencia de los cordones de montañas, así como tambien se reproduce en pequeños detalles, como a la sombra de un barranco, el recodo de una quebrada i en el fondo de las grietas o cañones aun cuando éstas co-

rran a traves por lo mas árido del territorio del Desierto central.

Al calor del sol ardiente i prolongado, suceden las humedades del rocío o de las nieblas cuya precipitacion en esos puntos encontrando un suelo esponjoso i rico en materias fertilizantes, se penetra en él i alimenta cierta vejetacion mas o ménos vigorosa. Pero el agua condensada, si se produce en proporcion bastante para penetrar en el suelo hasta cierta hondura, buscará, solicitada por la gravedad, las profundidades del terreno arenoso donde se absorbe por completo, dejando solo las seductoras apariencias al sediento viajero.

El esperto cateador i los denodados industriales pobladores del Desierto con sus faenas de trabajo, conocen esta circunstancia i aprenden a distinguir, entre las plantas de la flora atacameña, aquellos solo indicadoras de una ilusoria promesa de otras cuya sola presencia asegura el éxito de una fuente bienhechora a poca profundidad, estableciendo así, sin darse cuenta de ello, una verdadera clasificacion botánica en el órden hidrófilo.

Los pozos comunes derivados de estas condiciones reunidas i labrados al efecto son numerosos i en casi todos ellos el observador constata con evidencia el tino i a veces admirable precision usada para elejir el punto preciso de la escavacion.

Entran probablemente en la apreciacion de tales circunstancias, los rudimentos de botánica suministrados por el hábito de observacion a las jentes del Desierto. I en efecto, el grado de humedad mantenido en el follaje o el tallo de las plantas, la profundidad penetrada en el suelo por sus raíces i la proporcion de agua requerida para su conservacion, son signos favoritos de los buscadores para apreciar i

deducir hasta cierto punto la hondura en donde debe existir la capa o vena de agua, su volúmen i aun su naturaleza i composicion.

La variedad en las plantas corresponde a las diversas zonas geográficas del territorio, i segun las condiciones físicas i meteorolójicas de éstas, hai diferencias correspondientes en aquellas que determinan la existencia del agua i de su calidad potable, semipotable o salada.

Pero tales divisiones no tienen líneas fijas de separacion por cuanto hai plantas distribuidas desde la zona de la costa hasta llegar al Desierto central i tambien hasta la altiplanicie andina; estableciendo aun mayor confusion para clasificarlas, en sus relaciones respecto del agua subterránea i las zonas geográficas lonjitudinales, el hecho mui notable i bastante bien comprobado de las diferencias de vejetacion con respecto a la naturaleza geolójica i composicion química del suelo.

En la costa, las plantas alcalinas conocidas con el nombre de tolas, sosas (*alonaes* varias, *dolias salsoloides*, etc.); el lechero (*euphorbia lactiflna*, Philippi); la característica brea (*tessaria absinthoides*) mas frecuentes en los terrenos arcillosos donde se estancan las aguas, pero tambien en terrenos aparentemente secos.

La salicornia, tambien llamada cachiyuyo i designada con otros nombres vulgares, promete a lo ménos humedad en las arenas.

La cuernecilla o cuerno de cabra, con sus lindas flores amarillas i hojas de sauce, es signo mui frecuente de agua potable, pero sobre todo el jume (*lycium*), es la planta de mayor seguridad para suministrar agua por do quiera.

La brea, así como los diversos i tan conocidos ca-

chiyuyos, (*atriplex*) son plantas comunes a la costa, al interior del Desierto i aun a las cordilleras, siendo siempre favorable la presencia de la primera de estas i tambien promesa de buenos o malos signos las otras si, como los prácticos creen, con razon o sin ella, las hojas del cachiyuyo sean, respectivamente, lisas o dentales.

El agua de los breadales es casi siempre fresca i dulce, pero la de cachiyuyales, conforme al oríjen etimolójico del quichua *cache*, salado, i *yuyo*, yerba, es por lo jeneral algo amarga o salobre.

Entre las gramíneas, la chépica (*paspalum vaginatum*), característica de la costa, si no acusa el agua a la vista, lo que es el caso jeneral, la denuncia a poca hondura, con toda seguridad. Asimismo la chépica brava (*distichlis thalassica*) es seguro indicio en las cordilleras de agua salobre, pero casi siempre utilizable para bebida de las bestias.

El carrizo i la cortadera, aun donde por escepcion crecen en suelo seco, no defraudan jamas las esperanzas del sediento.

El estudio de la vejetacion espontánea i artificial del Desierto, sea con relacion a sus caracteres hidrolójicos o signos indicadores de agua o con propósitos de aclimatacion o regadío, formacion de bosques i plantíos en las aguadas, tendria, como se comprende, un interes de práctica utilidad para toda la rejion boreal de Chile.

Así, desde la costa marítima, siguiendo hácia el oriente las alturas escalonadas del terreno, en saltos abruptos i superficie constantemente ascendente, se llega hasta las mesetas i cumbres andinas donde florece la *llareta*, aquella estraña umbelífera tan providencialmente colocada allí para servir al hombre en

las rejiones adonde todo jérmen de vida ha desaparecido ya por completo de la faz de la tierra.

Parece haber sido el botánico de la espedicion Bougainville el primero en estudiarla, clasificándola en el jénero *Bolax* reemplazado despues con el *Azorella* de Lamarck.

En razon de parecer mas una escrecencia en vez de una planta se le llamaba simplemente *gomero de Magallánes*, notable por su cantidad de goma i consistencia resinosa con fuerte olor aromático a incienso, con semilla i flor mui pequeñas.

El Dr. Arata, de Buenos Aires, ha analizado la goma de la llareta de los Andes que exhibe una fluorescencia azul verdosa i resulta un terpeno C^{10} H^{10} que contiene:

Carbono	88
Hidrójeno	12

En Bolivia constituye un gran recurso para las industrias mineras i metalúrgicas.

Conforme a tales diferencias de altura i de condiciones climatéricas, las diferencias de calor i, por consiguiente, de la vejetacion del suelo, variarán entre los límites estremos de una temperatura media anual de 16° hasta la de 4° o quizá ménos.

Entre las leyes aplicables a la distribucion de los vejetales sobre la superficie del suelo, son de aplicacion directa al Desierto de Atacama aquellas afectas determinantes de una condicion térmica para la existencia de ciertas plantas, i otras condiciones necesarias en la composicion mineralógica del terreno, unidas a un grado de humedad i propiedades físicas capaces de influir en sus caracteres fisionómicos con tan marcada eficacia.

Sin poder establecer una separacion absoluta entre las plantas herbáceas i las leñosas o arbóreas, respecto a su proporcion relativa i distribucion en los territorios de Atacama, por carecer de competencia en la especialidad i no haber podido prestarle la necesaria atencion, se podria presumir, no obstante, la subsistencia i produccion de plantas exóticas o ajenas a la vejetacion espontánea del Desierto i de la meseta andina, con la seguridad de aclimatarse allí sin inconveniente.

Si no se puede pensar en propagar una vejetacion agrícola o cultivada en aquellas tierras, en proporciones de alguna importancia, parece a lo ménos posible llegar a transformar en pequeños oasis o centros de verdor i frescura cada uno de los numerosos puntos o aguadas a donde el agua mana naturalmente o se estrae por medio de artificio.

Si en las plantas herbáceas, por lo ménos, basta con una temperatura a cierto grado de calor, sin hacerse necesaria la prolongacion de ésta durante mucho tiempo, lo mismo acontece con muchas plantas leñosas o arbóreas de la vejetacion espontánea del Desierto, i aconteceria con plantas estrañas debidamente escojidas con tal objeto.

No importaria lo perenne o lo temporal, con tal que donde el ausilio de alguna vejetacion fuera indispensable para la conservacion i aumento de una escasa vertiente, la sombra benéfica del follaje se prolongara miéntras dura la accion de la primavera para terminar con todas las fases de su vida a media estacion del verano ántes de devolver al suelo los despojos de su corta pero oportuna lozanía.

Así como las zonas botánicas o de vejetacion espontánea no coinciden con las de produccion agrícola o tierras cultivadas, déjanse tambien subsistir las con-

diciones naturales de existencia que respectivamente establecen apénas una vida lánguida i estéril de frutos en aquéllas contra una de exuberancia i fructificacion en las últimas, i foméntese el cultivo allí en cuanto ello importe a las facilidades para esplorar i habitar esas rejiones que contienen tanto de útil i aprovechable en el reino mineral.

El perder los árboles sus frutos, llevando una vida raquítica i con escaso follaje, son hechos todavía aceptables para aprovecharse de los servicios salvadores de esos tristes arbolados, con tal de merecer a la mezquina naturaleza siquiera los alimente con un soplo de animacion.

Ejemplos ménos desalentadores ofrece el Desierto atacameño en diversos puntos, así en la costa marítima como en el valle central, al pié de las cordilleras i hasta en sus altas planicies hasta los 2,500 i 3,000 metros sobre el nivel del mar.

No es fundado motivo de objecion el referente a la constitucion química de los terrenos del Desierto, tanto porque hai numerosas plantas mui aptas para prosperar con igual lozanía en terrenos de distinta composicion, cuanto porque el Desierto no consta de vastos arenales e interminables campos de sal como jeneralmente se ha creido.

De mucho mayor importancia que la composicion química es para el cultivo de las plantas la constitucion o condiciones físicas del terreno, i ya hemos esplicado como éstas no son del todo negativas o refractarias al crecimiento i desarrollo de una vejetacion vigorosa.

Sobre terreno completamente volcánico en unas partes, gredoso en otras, granítico o calcáreo, se ven ejemplos de cultivo de alfalfa, cereales i árboles frutales en satisfactorias condiciones.

El pueblito de Toconao, situado al pié del Licancaur, sobre traquitas i rocas andesíticas, exhibe una vejetacion exuberante i reducida en lo silvestre, al mérito del algarrobo i el chañar en todo cuanto estos árboles ofrecen de mas lato desarrollo, i en lo aclimatado o exótico, todo cuanto puede apetecer el viajero de los desiertos: las frutas mas apetitosas de nuestros climas i la sombra de frondosas higueras i parrales.

Mas al oriente aun i mas al sur, siempre al pié occidental de los grandes nevados, en Soncor, Cámar, Socaire, Peine i Tilomonte, el viajero continúa recreando la vista con el verde i amarillo de los pajonales, donde revolotean tórtolas i perdices, i puede descansar, otras veces mas, bajo de bosques naturales i arbolados frutales, sin carecer de alfalfa i maiz para sus bestias.

En cuanto aumentarian estas bendiciones del Desierto por medio de los recursos del arte hidrolójico es incalculable, i nunca seria demasiado cuanto se dijera para recomendar el estudio de su vejetacion espontánea i artificial con propósitos de regadío, aclimatacion, formacion de bosques i plantíos en las aguadas.

A los oasis o verjeles del Desierto ya enumerados podrian agregarse númerosos otros mas o ménos fáciles o posibles de mantener lozanos cultivos elijiendo los puntos favorables entre las aguadas naturales o artificiales cuya localidad queda ya designada, sea en la rejion de la costa, sea en el valle central, en las vertientes de la cordillera Domeyko, o en las llanuras arenosas donde las neblinas humedecen lo bastante para hacer jerminar la semilla i alimentar la vida de las plantas adecuadas a tal suelo i tal clima.

Entre estas plantas caben ciertos árboles frutales;

otros para suministro de maderas de construccion i leñas, i otros mas aun de utilidad mui aprovechable.

En opinion del Dr. Philippi, cuya sabiduría está en esta materia robustecida por el conocimiento personal de la flora atacameña i de las condiciones físicas i geolójicas del Desierto i cordilleras, las plantas mas a propósito para ensayar serian las siguientes:

a.—Arboles frutales

Perales
Duraznos
Ciruelos
Cerezas
Higueras
Damascos
Nísperos del Japon.

Estos alcanzarian hasta la altura de 2,500 metros, como está probado en San Pedro de Atacama, en Toconao, donde tales árboles se dan en todo su vigor i excelencia, i en otros puntos mas de la altiplanicie atacameña.

En cuanto a las higueras no podria contarse de seguro su crecimiento en condiciones favorables sino en las alturas inferiores al máximo señalado.

Aunque los nísperos del Japon crecen bien en un clima como el de Valdivia, sin dar fruto, convendria ensayarlos en ciertos puntos de las cordilleras.

El manzano, solo podrá ensayarse en las alturas.

b.—Árboles para maderas i leñas

El pino, *Pinus maritima*, es el mayor para los lugares arenosos, pero se da igualmente en otros terrenos i crece rápidamente.

El álamo comun, *Populus pyramidalis*, seria de dudoso éxito, pero mucho mas probable el álamo de la Carolina, al parecer propio de rejiones de cordillera, como en Uspallata, provincia de Mendoza, República Arjentina, donde se da corpulento i vigoroso, aunque por su mucha ramificacion se debilita como madera de construccion.

El roble europeo, *quersus robur*, de mas pronto crecimiento en Chile que en Europa, se daria probablemente bien, aun cuando resultaria su madera ménos dura i sólida.

El eucalipto, *Eucaliptus globulus*, merece ser ensayado sobre todos, en razon de su fácil crecimiento en los lugares húmedos como en los secos; en los temperamentos lluviosos i templados como el de Valdivia, i en los secos i cálidos como Atacama. Arbol tan hermoso e hijiénico, como útil por su leña, como por su madera, seria un beneficio inmenso si se lograra un suelo capaz de favorecer su crecimiento.

c.—Otros árboles útiles

Deben ser, naturalmente, preferidos los indíjenas, existentes con tanta profusion en la pampa del Tamarugal, en la rejion del Loa, en Toconao, Soncor, Paine, Tilomonte i otros puntos a alturas variables desde el nivel del mar hasta los 2,000 a 3,000 metros.

El algarrobo, *Prosopis siliquastrum*.

El tamarugo, *Prosopis tamarugo*, Ph.

El chañar, *Gourlica chilensis*.

El molle del Perú, *Schinus molle*, árbol de pimienta: árbol de grandísima importancia por la facilidad para reproducirlo, por su desarrollo rápido i fresca sombra.

El espino, *Acacia cavenia*, crece espontáneo en el Desierto, como en la Finca de Chañaral.

La acacia blanca, *Robinia pseudoacacia*, mui digna de ser ensayada por su crecimiento rápido i su útil madera.

El aromo, *Acacia dealbata*, tan hermoso por sus flores como útil por su madera.

d.—Plantíos

Entre los habitantes de todo país donde se ha adquirido cierto grado de civilizacion, el conocimiento de la utilidad de los bosques i el de los daños de su destruccion se considera como una nocion elemental de hidrología i como un hecho consumado de la esperiencia diaria, confirmados por la mas elemental reflexion científica i práctica evidencia.

Si los árboles aminoran los rigores del sol i hacen bajar la temperatura del aire ambiente, a la vez de sombrear i refrescar el suelo, favoreciendo mas la infiltracion, ya de antemano provocada por el agrietamiento i porosidad ocasionada por las raices en el terreno, hai ademas otras circunstancias de órden físico susceptibles de desempeñar papel importante en el Desierto, dadas sus condiciones climatéricas.

Es admisible a lo ménos, si no efectivo, que entre el agua cedida por las plantas al suelo i la devuelta por éstas a la atmósfera i la que absorben a su turno del suelo mismo para su nutricion, hai cierta compensacion cuya diferencia queda en beneficio del suelo.

Este hecho es favorecido en el Desierto por la porosidad del terreno, el que siempre estaria dispuesto a almacenar en sus canales subterráneos una mayor porcion que la absorbida por las plantas i la devuelta a la atmósfera por evaporacion.

I siendo éste precisamente el gran fin digno de ser perseguido con afan i constancia en el Desierto, si se ambiciona para la prosperidad pública el beneficio

inmenso de poblar con frescos i lozanos puntos de salvacion i refujio su interminable esterilidad actual i sus matadoras travesías, nada mas practicable i relativamente fácil.

No se pretenderia poblar de arbolado la estensa superficie del Desierto. Se habla a su respecto de bosque en sentido relativo.

En la soledad de un desierto estéril, sin agua i sin sombra, un solo árbol asume las proporciones de un paraiso i presta servicios salvadores donde la muerte seria el único desenlace de una caravana de cateo, de un convoi de viajeros o del solitario nómade minero, como tantas veces i con tan dolorosas circunstancias ha acontecido.

En esta misma desierta i ardiente llanura estéril, el viajero distingue a lo léjos un punto brillante que destella los rayos reflejados de un sol abrasador. Es la casa de lata, el techo de zinc o de hierro estañado que reverbera en el dia para enfriarse en la tarde i condensar en la noche el vapor invisible que corre en gotas por la superficie metálica i se precipita en hebras cristalinas que recoje el sediento i aprovecha la industria.

Si con tan pobre artificio o casual circunstancia, provee al hombre la naturaleza, allí donde nada parece favorable a la vida, ¡júzguese si seria grato al esfuerzo i voluntad humana donde ésta, alumbrando el agua i afianzando la raiz en propicio suelo, ofreciera a la humedad atmosférica las infinitas hojillas condensadoras del pimiento i la espaciosa superficie de las hojas plateadas del eucaliptus!

De bien poco sirven a un pais la ilustracion i los conocimientos sin su acertada aplicacion a las materiales necesidades de la vida i del progreso público.

No hacer uso de la propia competencia i del propio

criterio para ejercitarlos en el propio bien, es abdicar de esas altas cualidades del espíritu para delegarlas en ajenas voluntades i confiar, sin necesidad, a estrañas manos los destinos del pais.

I aplicando esto a Chile, hemos de poner en duda las propias facultades, estudios propios i personal conocimiento de nuestro pais, porque no tienen la sancion de opiniones ajenas a nuestra nacionalidad, i hemos de esperar a los franceses verlos acabar de transformar el Sahara en un eden, como están haciéndolo, i a los yankees transformar sus estepas saladas i sin agua en campos mejor cultivados que nuestra provincia de Aconcagua, como lo están verificando, para entónces imitarlos tratando de plantar un álamo en las vegas de Atacama.

Es de necesidad la suficiencia ajena en los paises jóvenes donde no se ha vivido lo bastante para adquirir la esperiencia de las propias obras, i pretenciosa pedantería es desconocerlo, pero tambien es injustificable el abandono de la propia iniciativa i culpable desidia por el bienestar del pueblo i prosperidad de la fortuna pública, dejar al tiempo venidero lo oportuno i del momento, esperándolo de estrañas tierras aun cuando en la propia se tengan los medios en la mano para realizar lo mas premioso i reproductivo.

Estando, en efecto, realizados los estudios del Desierto de Atacama en sus caractéres mas jenerales i trazadas las líneas fundamentales de su configuracion geográfica, los trabajos de aplicacion i detalle se emprenderian sobre base fija i conocimientos previamente determinados.

En el presente caso, por ejemplo, los rumbos que deban seguirse i las localidades a donde convendria profundizar los estudios i probar el éxito, se consul-

tan con la necesaria precision en el mapa del territorio.

I si el bien buscado i la obra en espectativa hubiera de ser, por pronta providencia, la conservacion i mejoramiento de las aguadas naturales existentes o de los pozos comunes abiertos por la accion particular, el mismo mapa guiaria en el sentido de escojer los puntos adecuados, formular los gastos, apreciar el tiempo, determinar el plan de los trabajos i meditar todas las demas circunstancias de antemano juzgadas ántes de emprender operaciones de tal grado de interes i trascendencia.

Una espedicion organizada para hacer los plantíos i arrojar la semilla, no deberia lanzarse al acaso ni al criterio de personas incapaces de preparar i llevar a cabo un plan sistemado i previamente calculado sobre el conocimiento del terreno en sus caracteres mas fundamentales.

Dónde dar preferencia a los árboles mas adecuados, segun las condiciones del clima i del suelo; cómo apreciar la importancia de la fuente, manantial o pozo comun destinado al ensayo i sus condiciones respecto a los servicios en vista o en espectativa; i tantos otros factores tan importantes como dignos de atenta consideracion en el gran problema de la multiplicacion i mantenimiento de las aguadas en el Desierto atacameño.

Si no se pretenderia transformar en un verjel toda la estension estéril del norte de Chile. lo posible es procurar la multiplicacion de los puntos susceptibles de cultivo, improvisando aguadas donde no existen i ensanchando el campo de fecundidad de las antiguas i futuras fuentes, naturales o artificiales, por medio del cuidado e interes debido a la vida i salud de los habitantes, a la seguridad de los viajeros, a la esplo-

tacion de las riquezas naturales i la conservacion de tantos bienes espuestos a perecer i pereciendo por falta de una gota de agua.

En los Estados Unidos de Norte América, la conquista de las rejiones estériles del *far west* o lejano oeste, empezada por el ferrocarril, fué inmediatamente consumada por el aprovechamiento de sus escasas aguas.

Al principio con lentitud i resistencia, la atencion pública acabó al fin por resolverse a mirar el porvenir de aquellas tierras secas en la posibilidad de fertilizarlas por medio de las aguas subterráneas.

2.—*Signos topográficos*

a.-Saltos

El Desierto como queda dicho, desciende a la manera de un plano lijeramente inclinado de oriente a poniente, surcado en la parte montañosa de las cordilleras por valles o quebradas profundas entre altas i escarpadas vertientes i por zanjones socavados al nivel del suelo en la zona del centro o valle lonjitudinal siguiendo su curso transversal al mar hácia cuyas inmediaciones se esplayan i estienden en someros cauces.

Los afluentes que forman el rio del Huasco corren así entre montañas abruptas primero desde su oríjen en las cumbres i faldas de la cordillera de los Andes, hasta las inmediaciones de la ciudad de Vallenar, donde zanjea el terreno de acarreo cortando de atravieso el valle lonjitudinal con el profundo barranco característico de la fisonomía topográfica de los rios o cauces secos del Desierto.

La misma configuracion topográfica afecta el rio de Copiapó, pero modificándose el hecho relativo al so-

cavamiento transversal del valle lonjitudinal en Paipote, mediante la circunstancia de ser estensísima la hoya de este sistema hidrográfico cuyos antiguos torrentes bajaron como afluentes del rio principal i se nivelaron los lechos.

El cauce del Copiapó i el de sus afluentes dentro de la rejion montañosa de la cordillera es constantemente húmedo i torrentoso, socavado en cajones o cañones estrechos entre las altas i escarpadas montañas, pero sin bruscos desniveles, saltos, caidas o rápidos, sino suave declive de mas o ménos un 2 por ciento en ningun punto interrumpido desde el oríjen del valle copiapino en Las Juntas, hasta su desembocadura en el Puerto Viejo.

Debido es esto probablemente al oríjen de formacion de estos valles cuyo curso corresponde a fracturas lonjitudinales del terreno, aberturas o grietas formadas en el contacto de dos formaciones geolójicas de época i constitucion diferente, por cuya razon, los rios o quebradas siguen los rumbos de N. a S. i los próximos a estos dirijidos en el sentido de las fuerzas de dislocacion terrestre.

Al contrario, en los cauces de oriente a poniente, el sentido de aquellos movimientos terrestres ha producido dislocaciones en el terreno formando saltos o rápidos mas o ménos bruscos i profundos.

Ahora bien, a los ojos del buscador de agua, semejantes condiciones topográficas, son signos visibles i característicos para guiarse en el arte de descubrirla.

Si el caso se produce en los valles o quebradas lonjitudinales, la indagacion del aspecto topográfico debe buscarse en combinacion con el geolójico, complicando la cuestion, segun las circunstancias. Pero si se presenta el hecho en los transversales, el salto o caida es como una compuerta interpuesta en el curso

subterráneo del agua represándola, o es una grieta o falla por donde filtra lateralmente o surje de pié.

La serie de estos saltos sigue la direccion de ciertas líneas dirijidas de norte a sur i cuya disposicion puede consultarse en el mapa, pudiéndose deducir tambien del mismo las relaciones de este accidente topográfico con los de carácter geológico que pueden ayudar a desarrollar la idea teórica del hecho.

Caracteristico se presenta este en los saltos de la quebrada transversal de Carrizalillo, en el punto de las vegas i finca así llamada, i reproduciéndose en la de Garin, va a repetirse en los bien conocidos casos de La Puerta de Paipote i San Andres; en Chañaral Alto, Salado, Carrizo, Doña Ines, Juncal, Chaco i Vaquillas: Varas, Loro i Providencia a donde termina la serie estrechándose la línea de dislocaciones que la produce contra la base de la cordillera Domeyko al norte hasta Aguas Dulces de Caracoles al pié del culminante Quimal. La configuracion jeneral de los valles o quebradas exhibe otros aspectos diferentes que se relacionan tambien con el curso de las corrientes acuosas del interior terrestre.

b.—Las dos hidrografías

Las paredes de un valle, acusan casi siempre una disposicion alternativa en sus ángulos entrantes i salientes, de tal manera que si un movimiento horizontal las acercara hasta juntarse, las puntas de un lado encajarian en las ranuras opuestas del otro como en las ruedas de engranaje, modificándose necesariamente esta disposicion de geométrica simetría en algunos casos, segun la anchura del valle i la inclinacion de las paredes o vertientes, como tambien segun la naturaleza o composicion de las rocas componentes del terreno.

La observacion de este hecho, en combinacion con el conocimiento de la estratigrafía del suelo i otros accidentes geolójicos siempre convenientes de indagar i conocer, tales como la presencia i corrida de los dikes o fallas posiblemente existentes, puede conducir a una deduccion razonada del curso interior de las aguas con relacion al que estas siguen esteriormente.

Si las pendientes son igualmente inclinadas al horizonte, la vaguada subterránea corresponderá al centro del valle en la superficie, i, si son desiguales, se cargará hácia el lado de mayor pendiente, siendo entónces en este caso mucho mas probable la no coincidencia del cauce esterior con el interior en un mismo plano vertical.

Donde los valles del Desierto i de las cordilleras constan de rocas duras, como las calcáreas jurásicas o las rocas dioríticas, pórfidos, etc., sus paredes se aproximan hasta formar gargantas o simples grietas de curso irregular i sinuoso, abriéndose, al contrario, en anchas cañadas o quebradas espaciosas, cuando las rocas de sus flancos son las de naturaleza arcillosa, térreas o arenosas.

En el primer caso, naturalmente, el problema de determinar el curso interior de las aguas se resuelve por si solo, pero en el segundo i cuando las paredes del valle estan separadas por cierta distancia, será necesario prescindir de los indicios esteriores i buscar la solucion deseada con los elementos ofrecidos por los aspectos mismos del terreno.

Si los flancos de los cerros no ofrecen una superficie igual i continua, siempre podrá aceptarse una línea imajinaria correspondiente a la inclinacion media de la falda, como en la figura, donde estas líneas serian *A p* i *B p* si ámbas vertientes siguiendo la línea quebrada *A a c p*, fueran igualmente inclinadas, i *A p'* i

B p', en el caso de ser una de ellas, *B d e p*, mas pendiente que la otra.

En el primer ejemplo, bastaria medir la distancia *c n* desde el pié de la falda, sobre el terreno nivelado del relleno de la quebrada, hasta su centro; i con el ausilio del triángulo rectángulo *a b c*, siempre posible de construir, se determinaria la profundidad *n p* al fondo de la vaguada subterránea.

En el segundo ejemplo, con la distancia c c' entre las faldas i las inclinaciones de estas, se tendria el medio de determinar aproximadamente, segun la disposicion del terreno, el punto esterior n' i la profundidad n' p' de la vaguada inferior.

La estéril rejion de Atacama ofrece en toda su estension, numerosos casos de aplicacion a esta elemental teoría de los hidróscopos tan jeneralmente aceptada i útil de ser entre nosotros divulgada.

La quebrada de Cerrillos, afluente seco del rio de Copiapó, que desemboca en el punto del mismo nombre i es al mismo tiempo estacion del ferrocarril; con su tributaria la quebrada de Serna, que se le reune un poco abajo de las vegas de Carrizalillo, i aun las de menor importancia que le caen de Cabeza de Vaca por la Brea, del Zapallar por el lado opuesto a aquella i aun la del Chañar, es el receptáculo de filtraciones no insignificantes cuyo curso subterráneo seria interesante descubrir, porque la idea de su iluminacion al sol en las vertientes del rio, es fundada presuncion pero carece de base de estudio alguno ni de la mas somera investigacion de los hechos.

¿Será éste el oríjen de las vegas i vertientes de Malpaso i otras? La espaciosa quebrada del Despoblado de Paipote, recibe en su tránsito, por la ribera izquierda, los numerosos afluentes que en la distribucion de sus respectivos tributarios hidrográficos, con

nacimiento en las altas cumbres de la Sierra de Romero, Checo, Gato, San Miguel i Ternera, recojen las filtraciones de aguadas i manantiales cuyos caudales deben reunirse respectivamente en los cauces de Los Cóndores, Garin, etc.; recibiendo de la márjen derecha la contribucion subterránea de las húmedas profundidades del llano de Varas por el cajon de Púquios, i bifurcándose mas arriba en los dos sistemas hidrográficos de San Andres i Maricunga que arrancan sus raices desde las mas altas cumbres de la Cordillera Domeyko en Tronquitos, Ojo de Maricunga, Codocedo i Cerro Bravo, recibiendo quizá tambien las filtraciones de la contigua altiplanicie andina.

Porque en este vasto sistema de arterias secas, estériles i rellenas de profundo aluvion, son numerosos los puntos húmedos ya citados en el catálogo de las aguadas, importantes como contribucion al estudio de puntos de referencia para guiarse en el propósito de alumbrar aguas artificialmente allí donde sus caracteres no asoman por los medios naturales i visibles.

Búsquese la vaguada subterránea segun los medios ya indicados o segun el criterio de la esperiencia local aconsejada, tómese el desnivel entre la vertiente inmediatamente inferior, o sea, quebrada abajo, i el punto en que se quiere practicar el pozo o sondaje, i la diferencia de altura, disminuida de la correspondiente a la inclinacion de la vaguada subterránea, dará la distancia en hondura o profundidad que el taladro o perforacion debe descender para alcanzar el nivel de la vena de agua, o a lo ménos para saber si es prudente suspender o continuar el descenso.

Pero por otra parte, la observacion debe concretarse previamente a descubrir si el agua surje de pié, ascendiendo, o segun el declive de la capa impermeable por cuyo plano corre el agua subterránea, lo cual

modificaria el punto de referencia del nivel inferior correspondiente a la fuente.

Esto, de acuerdo con el caso mas jeneral de existir la corriente acuosa segun el cauce resultante de la interseccion de los flancos de la montaña, o sea, la línea sinclinal, como en los puntos p i p' de la figura anterior, tiene sin embargo, la escepcion del caso debido al escurrimiento o escape de las aguas a un nivel inferior, por entre grietas o planos de contacto entre las formaciones de distinta naturaleza petrográfica.

c.—Estratigrafía, etc.

Entónces, aquí interviene la mision del geognosta para ilustrar el punto segun la constitucion estratigráfica del terreno.

En otros casos, al contrario, el nivel de escurrimiento de las aguas, modificado por sucesiones alternativas de capas impermeables, se elevaria, pero la determinacion de este hecho, cae tambien dentro de la jurisdiccion del geólogo.

Para limitarse a los carácteres meramente topográficos i de mas fácil apreciacion al ojo, aun al poco ejercitado en observaciones hidrográficas esteriores o del subsuelo, hai aun otros accidentes del terreno capaces de guiar con ciertas probabilidades.

Si un arroyo o simple manantial tiene su oríjen en un solo pliegue del terreno, la atencion recae necesariamente en el curso único determinado por la vaguada del valle o de la línea sinclinal correspondiente a la interseccion de las paredes o flancos laterales. Pero si la cuenca de donde brotan los nacimientos, desprende ramificaciones, la de mayor estension entre éstas será la preferible como objeto de indagaciones, i en las de mas abajo que van

agregándose al cauce principal, se observarán las desembocaduras i se tomarán los recodos como señal esterior para elejir el punto del sondeo, habiendo razon de mayores probabilidades en el caso de una pendiente abrupta o de laderas en forma de anfiteatro seguidas de suave declive o llanura de descenso.

Como en todo estudio de observacion, nunca están demas el cuidado i la atenta consideracion de los caractéres físicos o topográficos relacionados con el objeto en cuestion, i si hubiera de salirse de entre las paredes de los valles para estender el exámen del terreno hasta las cumbres i los collados o portezuelos, la vista de lo que allí se exhiba i observe arrojará datos en favor de la vertiente que en el anterior caso se sospecha si las cañadas converjen hácia el punto en cuestion. Las arrojará en contrario, si los declives anuncian para éste los signos negativos de una contra pendiente o de aquellas llanuras que por naturaleza del suelo o la uniformidad de una tersa superficie no son aptas para contener aguas en su seno.

Cuando se estudia una localidad, con un fin determinado, tal como el de descubrir sus aguas subterráneas, el deseo de penetrar en el oríjen de los hechos i llegar a las mas ámplias conclusiones, el observador se siente mas i mas empeñado en buscar i encontrar la anhelada solucion a medida que el campo de observacion se ensancha, las dificultades aumentan i los elementos del problema se complican.

Figúrese una cuenca hidrográfica como la de Paipote, por ejemplo, en el departamento de Copiapó, i estúdiense los problemas hidrolójicos a que invitan los interesantes caractéres naturales por doquiera a la vista en su estensa i estéril superficie.

¿Corresponde el sistema de sus aguas subterráneas

al permanente estado de sequedad de su hidrografía esterna?

Que la climatología de una rejion puede no influir, en determinados i numerosos casos, sobre las condiciones hidrolójicas del suelo en profundidad, es un hecho de física terrestre sancionado por una esperiencia ya demasiado comprobada.

Un terreno jamas favorecido por las lluvias puede contener interiormente todo un sistema fluvial, así como puede estar fundado sobre un mar de agua dulce. I, al contrario, en terreno favorecido por los beneficios de un clima lluvioso i recorrido por corrientes i rios caudalosos, puede no contener aguas subterráneas.

Hé aquí la primera razon bastante para autorizar la idea i estimular el deseo de averiguar lo concerniente a tan importante problema en la quebrada de Paipote.

La necesidad del método induce a tomar por separado las grandes divisiones hidrográficas de la cuenca en cuestion.

Tómese la de Maricunga, ya conocida, i si el observador, por un lado, siguiendo el órden indicado para el exámen de los signos topográficos, llega de aguada en aguada i de un punto a otro de los señalados con signos favorables a la presuncion de agua subterránea, hasta llegar a su orijen sobre el portezuelo del mismo nombre, o si por otro lado, tomando la quebrada afluente del Hielo llega por ella hasta las cumbres de Tronquitos, en ámbos casos se encontrará en el deseo i la necesidad de proseguir mas allá de estos oríjenes inmediatos i directos, para buscar, en las rejiones superiores, nuevas fuentes de informacion.

Se presenta, en efecto, a aquellas alturas, la alti-

planicie andina, donde la meteorología acuosa, así como la fisonomía física i la naturaleza del suelo robustecen las probabilidades i agregan el ancho campo a la observacion i las fundadas presunciones a la continuidad de los oríjenes del sistema hidrolójico de Paipote hasta el pié de otra gran cordillera, la de los mismos Andes, cortada esta a su vez por depresiones profundas i dando paso todavía hácia el oriente hasta otras i otras mas cadenas colosales de montañas. Se contempla la grandiosidad severa i adusta del cuadro, i allá en las cumbres de nieve perpetua donde domina el San Francisco, cree encontrar el observador los oríjenes i puntos de partida para la aplicacion de sus teorías i solucion del problema hidrolójico.

Es vasto el escenario, pero vale la pena de ser estudiado para deducir de él las consecuencias resultantes de la licuacion de esas nieves en el verano i de las condiciones físicas del terreno en su descenso constante hácia nuestros valles i mares.

Permaneciendo donde estábamos, sobre las faldas de la cordillera Domeyko de donde se desprenden directamente los oríjenes de las aguas que mas abajo alumbran en las numerosas fuentes i vegas de Maricunga o Paipote, i de San Andres o Codocedo, encontraremos mas de un motivo de reflexion sobre tan diversas cuestiones relacionadas con estas materias.

Si las aguas procedentes de la cuenca de Laguna Verde, rodeada de las cumbres nevadas del San Francisco i Lozas, por el oriente; de Wheelright i otros por el norte, i de Nacimientos i Tres Cruces, por el sur, al infiltrarse en el terreno poroso de las lavas, traquitas i piedra pomez, desaguan por conductos subterráneos en el gran receptáculo interno de la Laguna de Maricunga; si los rios de Colorados, Lamas, Asta-Buruaga, Pastillos, Pastillitos i Santa Rosa, que

se sumerjen en sus playas irán tambien a reunírseles en las mismas profundidades, i todas juntas o por conductos separados siguiendo siempre subterráneamente el sistema de arterias i cauces principales de las estensas hoyas copiapinas se dirijen invisibles e insospechadas al seno comun de eterna transformacion en el Pacífico.

En este sentido, las conjeturas mas inverosímiles al parecer, han encontrado la sancion de la realidad en inmensas estensiones áridas donde no llueve, i sin embargo dan agua a cierta profundidad, procedente de distantes parajes e introducida naturalmente en forma de capas o mantos acuosos. I no solo se brinda el agua en pozos comunes sino tanbien en las condiciones hidrostáticas requeridas para su alumbramiento en forma de pozos artesianos.

El vasto Desierto africano, tomado en conjunto, no está totalmente destituido de aguas, como no lo está tampoco el Desierto atacameño, teniendo ámbos de comun la constitucion topográfica característica del suelo, consistente en las alternativas sucesiones de planicies altas i de hondonadas, secas o cubiertas de costras salinas, vegas o pantanos; concurriendo ademas, a completar la analojía, las dunas o arenas viajeras i el pedregullo anguloso, de aristas vivas i cortantes, apénas desgastadas por la accion del aire o la frotacion de las arenas. Hecho curioso i estraño, este último, que no habia dado lugar, en la rejion atacameña del avestruz i el guanaco, entre tantas cosas imajinadas, la mui peregrina de la accion trituradora de las patas del caballo de los árabes!

I no obstante, el Sahara africano, perforado con éxito feliz sus numerosos puntos, ha visto multiplicarse por el arte el número de sus bienhechores oasis, e improvisarse cultivos en pleno seno de la muerte,

en aquellas tierras de perpetua aridez i desolacion donde ántes no se habria jamas creido que un aliento de vida se dejara sentir en sér alguno de la creacion.

En los arenales del Sur, la gallarda palmera ostenta sus penachos i brinda su jeneroso fruto bebiendo la humedad del suelo a diez i mas metros de profundidad.

¿Quién se ha preocupado de averiguar si en los llanos de Caldera i de la Bahía Salada existirian las mismas condiciones para el desarrollo de esa misma palmera o del pino marítimo?

En la rejion del Zab, hai una pequeña hoya o cuenca hidrográfica donde las lluvias, rarísimas en aquella rejion, no suministrarian sino una insignificante porcion del total de sus aguas subterráneas descubiertas a considerable hondura i procedentes de lejano oríjen, debiéndose la capa de agua resultante a un sistema hidrográfico interior sin relacion alguna visible o aparente con la fisonomía esterior del terreno.

En la Arjelia francesa, donde tantos prodijios hidroscópicos ha realizado la ciencia de los conquistadores de aquel pais, arrebatado a la incuria de los naturales para dotarlo con todos los bienes de una civilizacion trasformadora, las perforaciones sistemadas segun un plan científico, han revelado hechos dignísimos de ser conocidos i meditados en todos los paises de igual o parecida constitucion física.

Los arroyos o corrientes de agua conocidos con el nombre indíjena de *Oued*, vertida la pronunciacion en idioma frances, bajan de los montes Atlas, despues de haber ya servido al cultivo de los valles inmediatos, i se sumerje el resto de sus aguas en un terreno permeable debajo del cual reaparece despues de cierto trayecto en una pequeña vertiente cuyo caudal va aumentando sucesivamente sin causa visible hasta

adquirir proporciones incompatibles con las condiciones de su orijen i procedencia.

Este hecho ha quedado esplicado mediante un cuerpo de injenieros de minas cuyos estudios han descubierto la existencia de numerosas fuentes por debajo del lecho mismo del rio a la manera de sifones o verdaderos pozos artesianos naturales, con la importante circunstancia de corresponder la temperatura de las aguas surjentes a grados diferentes de la escala termométrica que acusan honduras diferentes en su procedencia.

Resultado de tan intelijentes observaciones ha sido el descubrimiento de dos capas de agua a diferentes honduras i mas la fundada presuncion de una tercera o cuarta a tal profundidad de no poder producirse su alumbramiento natural al sol i van a surjir debajo de las agua marinas del Mediterráneo.

Este hecho se reproduce en otros puntos, i en todos los casos, infiltrándose las aguas en el terreno plioceno o de otras edades del período cuartario; se distribuyen i subdividen en capas diversas, ya ascendiendo i descendiendo alternativamente; penetran de un terreno a otro siguiendo los canales interiores que las dirijen en direcciones a veces imposibles de prever o sospechar sin un conocimiento bastante de los caracteres geolójicos del territorio i sus accidentes topográficos.

En el pais de Constantina, al sur, en plena rejion sahariana, sin lluvias, los indíjenas tenian sus medios primitivos para horadar el terreno en busca de agua, pero desde la invasion francesa los pozos artesianos i los pozos comunes, tambien eficazmente utilizados contra la desoladora aridez, las perforaciones se encuentran por centenares, siendo el resultado de se-

mejantes trabajos el de haber duplicado o triplicado la poblacion i la estension de los cultivos.

¿De donde proviene el agreste paraiso de Thebas, incrustado como una esmeralda inmensa en pleno desierto ejipcio?

De simple agua de pozos, abiertos durante la portentosa civilizacion que levantó el Karnak, Luxor i Denderah.

Para buscar casos análogos en el Desierto de Atacama bastaria con enumerar todos aquellos en que los caracteres físico-geolójicos establecen la necesaria semejanza, en cuya categoría entrarian todas las cuencas u hoyas hidrográficas que figuran en el mapa con sus nacimientos en las cordilleras.

Allí se verán reproducidos todos los caráteres comunes al sistema de hidrografía esterna seguido por las aguas desde las alturas hasta el mar obedeciendo a la lei de gravitacion.

Las desigualdades del terreno les han imprimido segun el ángulo de inclinacion en que descienden, las mismas irregularidades que las subordinan a las condiciones de un torrente en el primer curso de su descenso; de correr por el cauce de un valle en el segundo, i de bajar por último, en suave i descansada pendiente hácia el océano; lei todavía sujeta a una cuarta condicion en aquellos casos como cuando el cordon marítimo trasforma la desembocadura del cauce en un brusco salto o rápida caida.

En efecto, segun la estructura hidrográfica de los grandes rios del globo, los nacimientos u oríjenes constan de un sistema de pequeñas e innumerables ramificaciones por donde se despeñan rápidos e impetuosos torrentes a continuacion trasformados en tributarios de nuevos i mas importantes afluentes, saltando en cascadas o represándose en lagos i lagu-

nas para descansar en seguida por sobre el lecho nivelado, de aluviones por ellos mismos acarreados i esparcidos, multiplicándose el número de sus cauces, dilatándose en vegas i bañados hasta llegar por numerosas bocas al mar a quien restituye sus caudales para recompensar la perpetua elaboracion de los meteoros acuosos.

Reducidos estos tipos de los colosos de la hidrografía fluvial, tales como el Amazonas, La Plata, Mississippi, Nilo, etc., a las proporciones de escala en miniatura de nuestras corrientes en la angosta faja de tierra entre los Andes i el Pacífico tanto en los agrestes valles del sur i centro de Chile, como en los cauces secos del norte atacameño, encontramos reproducido el mismo relieve topográfico.

Este hecho, que constituye uno de los caracteres mas notablemente jeneralizados en todos los continentes del globo terrestre, no es sino el resultado de sus grandes perfiles hidrográficos, reproducidos en Chile, al mismo tiempo por el relieve arquitectónico del territorio, cortado con un plano trasversal.

En otras pájinas de estos apuntes se dan los elementos de la topografía del Desierto de Atacama con los respectivos cortes de perfil en diversos paralelos de latitud.

Por ahora basta con dejar establecido que aquellos cauces profundos, hoi secos i desolados, así como todo el sistema de sus líneas hidrográficas donde surjen a trechos los restos húmedos de una actividad meteorolójica modificada hoi en razon de fenómenos de oríjen geolójico o astronómico difíciles de esplicar, son el resultado de hechos hidrolójicos cuyos efectos en el terreno son las análogas huellas i los iguales accidentes conservados como testimonio in-

deleble de un período acuoso de mas o ménos remotos tiempos.

Por lo tanto, si las condiciones meteorolójicas del Desierto i demas circunstancias favorables a la condensacion e infiltracion de las aguas meteóricas, autorizan la suposicion de una hidrografía subterránea húmeda, es indudable que estas aguas interiores obedecen allí a un réjimen de distribucion análogo i segun las mismas leyes aplicables a los sistemas fluviales del Desierto de Atacama.

La topografía de Chile, en efecto, así lo da a entender por su constante uniformidad en sus rasgos jenerales i la repeticion de semejantes o iguales accidentes físicos en una serie de casos dentro del largo trayecto abrazado por su estension de sur a norte.

Si lo mejor para guiarse en el estudio de la naturaleza es el sistema de comparacion con hechos semejantes bien probados i conocidos, el hidróscopo encontraria numerosas aplicaciones de ese fecundo medio de observacion, buscando en los cauces secos del Desierto la reproduccion de los signos topográficos i geolójicos comunes a las vertientes naturales con tanta frecuencia repetidas en los valles húmedos o en el curso de los rios.

Principiando por el de Copiapó, i aun siguiendo el estudio por entre las quebradas vegosas intermediarias en la travesía hasta el Huasco, abundarian los ejemplos ilustrativos conducentes al objeto; siendo allí, sobre abundantes i mui característícas las aguas que alumbran espontáneamente, idénticas tambien las condiciones del suelo i su climatolojía, con las del Desierto del norte aun mas seco.

El estudio contraido especialmente a esta materia, descubriria mucho digno de saberse sobre los medi de buscar i encontrar las aguas escondidas e ignora-

das en el seno terrestre. En esta rápida trascripcion de apuntes sobre impresiones de viajero i observaciones de mero esplorador en materias de tan especial i necesaria atencion para sus fines prácticos, no se puede conservar el carácter didáctico i demostrativo ni la bastante metódica esposicion de cada cosa en su lugar i correspondiente oportunidad.

Así, tratando de inducir a buscar en el estudio de localidades favorecidas con el don de un sistema de aguas corrientès i visibles a la superficie, los medios de encontrarlas a donde solo pudieran existir ocultas en el subsuelo, entraremos a dar ciertas definiciones i esplicar hechos que pudieran haber tenido ántes mejor oportunidad.

La íntima relacion i enlace existente entre ámbas hidrogafías, la esterior i la subterránea, salta a la vista del viajero en el Desierto de Atacama con semejanzas bien comprobadas en otras partes, no importa si en menor o mínima escala, tratándose de estas rejiones.

Tales relaciones se manifiestan especialmente en aquellos casos tan comunes como los de ver desaparecer las débiles corrientes esteriores por efecto de la infiltracion, así como en otros tantos se ven surjir las aguas de vertientes, acusando un oríjen de procedencia mas o ménos profundo.

El rio de Copiapó ofrece una serie continua de tales ejemplos desde sus oríjenes en las cordilleras, hasta su desembocadura en el océano. I en todos los demas cauces, secos o con interrumpidas estensiones de humedad, como en Carrizal i el Totoral, por el sur, sus respectivas desembocaduras en el mar ofrecen el caso ya ántes citado de los cordones laterales donde se represan los desagües en pequeños charcos i lagunazos o bien los dejan pasar al fondo de las playas

marítimas, como en Flamenco, Chañaral, Pan de Azúcar, Cachina, Cifunchos, Taltal, Cascabeles, Paposo i Antofagasta, en cuya enumeracion entran todas las estensas cuencas hidrográficas del Desierto capaces de producir tales resultados.

Precisemos el significado de algunas voces del lenguaje para determinar su apropiada acepcion.

Si los americanismos han contribuido a enriquecer el idioma español dotándolo de voces nuevas i de indiscutible utilidad, en cambio, la viciada aplicacion de algunas de las orijinales i el desconocimiento u olvido de otras, lo han empobrecido, en la América del Sur, con grave perjuicio del uso mas jeneral i correcto especialmente en aquellas materias de carácter industrial o científico poco jeneralizadas entre nosotros para haber podido formarse su propia tecnolojía.

Sea paulatinamente, a medida de presentarse el caso o sea en pájinas especialmente destinadas a ello, convendrá el catálogo tecnolójico de tales voces aplicables no solo a estas materias sino tambien a las de mineria, metalurgía, etc., obligadas al estudio del Desierto de Atacama.

Las lagunazos o pantanos ya citados, que se forman detras del bordo de las playas marítimas, donde las corrientes i la magnitud del caudal no son bastante impetuosas para romperlos, necesitan, para su propia significacion, de la voz española *almajar*, desconocida en Chile i conveniente de aceptar para aplicarlo a ese detalle esclusivo de los accidentes hidrográficos, pudiéndose reservar la voz *charco*, para las aguas estancadas transitoriamente en los campos por exceso de las lluvias, i aplicar la de *lagunazo* para las pequeñas aguas estancadas permanentes.

La voz jenérica *vega* subsistiria para todos los lugares húmedos donde crece la característica vejetacion

propia de ellas, siendo en todo caso pantanosa la consistencia del terreno.

Atendiendo ahora, al conjunto de las causas esteriores que dan lugar a la formacion de las hoyas hidrográficas en la superficie i comparándolas con las del interior terrestre que dan lugar a las hoyas hidrográficas subterráneas, la simple consideracion de las respectivas maneras de accion de las aguas meteóricas, al deslizarse por sobre el piso esterior o al filtrarse en el suelo, formando en ámbos casos un sistema de cauces i lechos, saltos, cascadas, cavernas i lagos interiores, etc., etc., basta para admitir la semejanza i paralelismo que debe de existir entre ámbas hidrografías.

De tales analogías es lójico esperar que los mismos accidentes topográficos de donde resultan iluminacion de aguas de manantial o de cualquier otro oríjen en los valles húmedos, serán signos indicadores de haber existido o de ser probable el alumbramiento de las mismas en aquellos cauces o valles actualmente secos donde los mismos accidentes topográficos i geolójicos se reproducen, siendo mui admisible, como ya quedó dilucidado en otro lugar, la abundancia de aguas subterráneas en las profundidades del Desierto atacameño.

De tales estudios se deduciria, quizá como hecho mas jeneral, que las aguas alumbradas en la estéril rejion, sea natural o sea artificialmente, no son debidas al hecho estratigráfico a virtud del cual los planos inclinados de las estratas les ofrecen para surjir i sobre las cuales, contando con un lecho impermeable, o encerradas entre dos lechos contiguos de esta naturaleza, el líquido corre con cierta rapidez segun i como sea el grado de buzamiento de las capas del terreno estratificado.

Se descubriria (subordinando siempre la afirmacion al caso mas jeneral), por consiguiente, el hecho de no ser las condiciones hidrostáticas del pozo artesiano las causas determinantes del mayor número de casos efectivos en alumbramiento de aguas sino las que determinan su existencia en corrientes tranquilas o sin movimiento aparente, como estancadas. Es decir, las llamadas *de pié*, que no ascienden en busca de un nivel superior abandonado, sino que se mantienen como las de pozo ordinario para ser estraidas por aspiracion u otro medio, sin impedimento por esto, se entiende, a una ascension parcial por presion natural, bastante a veces, para hacerlas surjir hasta la superficie desparramándose con mas o ménos fuerza por la boca de un tubo de escape.

No escasean, por esto, las probabilidades de la existencia del agua en condiciones artesianas.

Contra las faldas occidentales de la cordillera Domeyko, descansan a trechos, repetidos trozos mas o ménos prolongados, de la formacion calcárea jurásica con las cabezas de sus estratas al sol i sus inclinaciones en partes favorables a la filtracion de las aguas esteriores, corrientes o meteóricas, para ser conducidas bajo presion hidrostática en direccion a los valles del Desierto central.

Pero entrar en este terreno seria abordar la materia en el punto de sus caracteres geolójicos, dignos de mas especial consideracion, i al mismo tiempo en el de los sistemas hidrográficos cuya descripcion resalta con toda claridad a la vista del mapa.

Bastará, para terminar con la presente esposicion, volver a descansar en la esperanza de mejores circunstancias políticas i administrativas para dar tiempo i ocasion a medidas de salud, de progreso i prospe-

ridad en favor del desheredado territorio que constituye la parte boreal de la patria chilena.

Si es vana esperanza contar con la benévola mirada de un hombre púb'ico capaz de llegar hasta estos renglones en demanda de beneficios i mejor porvenir para el Desierto de Atacama, no es por eso ménos convencida ni ménos patrióticamente desinteresada nuestra mision de anhelo por el bien público, sea o no secundado, venga el ausilio pronto o jamas.

Quede consignada a lo ménos, si no demostrada con la bastante evidencia, la razon i el deber de no volver cara al Desierto a causa de la desolada condicion de su esterilidad, ántes de reflexionarlo bastantemente siquiera bajo el aspecto de su hidrología.

Si basta la vista de un manantial para deducir la existencia de una corriente subterránea ¿cuántas de éstas permanecerán ocultas a la luz miéntras no se intente probar el testimonio del agua misma en mérito de los irrecusables caracteres a la vista?

A pesar del círculo donde jiran estas aguas, es necesario no confundirlas. El manantial es el agua que surje al esterior, i su oríjen es siempre profundo así como su vida es constante o perpetua, al paso que las aguas de otro oríjen, como las de pié o colgadas i las que corren libremente sobre el plano inclinado de una estrada impermeable, sin presion hidrostática, son por lo jeneral someras i mas directamente dependientes de los fenómenos meteorolójicos, aumentando con las lluvias i disminuyendo o agotándose con las sequías.

Aquellas son naturalmente artesianas: éstas solo ceden a la estraccion por pozos comunes o tubulares.

Las de esta última clasificacion son las de mas importancia en el Desierto de Atacama, por la difusion de su existencia, como queda esplicado en su lugar,

i la facilidad de su estraccion. Las otras, requieren el indispensable ausilio de los estudios geolójicos, medios costosos i procedimientos complicados para darlas a luz.

3.—*Signos geolójicos*

a.—Terrenos permeables e impermeables

Basta con mui corto tiempo de estudio en la observacion de la naturaleza, abrazándola en el vasto escenario de sus grandes espectáculos, para penetrarse del método i de los procedimientos adecuados i conducentes a su conocimiento, sea en parte o siquiera en la mínima proporcion permitida a los medios humanos para arrancar un secreto a la historia de su misterioso oríjen o una nocion de verdad a las causas de sus portentosas obras.

Si la materia de estudio o el objeto de las investigaciones se relacionan con las necesidades i medios de subsistencia del hombre, la cuestion asume una importancia primordial i los medios de resolverla deben interesarle en el mas alto grado.

La reparticion de los dones espontáneos de la naturaleza no está en relacion con el número de los pobladores del mundo; i donde mas se palpa este hecho i mas se siente la necesidad de arrancar por medio del arte los medios de subsistencia que no brinda el suelo por sí solo, es, necesariamente, donde la esterilidad, por falta de agua fecundante, se impone como una resistencia invencible ante toda voluntad humana.

Mucha es la ambicion de riquezas i mui infatigable el afan de perseguirlas, en nuestros desiertos, buscando los veneros de oro i plata, pero mas vehemente

i con mayor anhelo busca el minero la gota de agua, su principal recurso de subsistencia i trabajo.

La contemplacion del Desierto, ante la idea de las riquezas en él contenidas, cede ante la necesidad del agua invisible, i el cateador aprende a buscarla dominando el horizonte desde las alturas de una línea anticlinal o desde donde su esperiencia le enseña a descubrirla.

Como busca los rumbos del venero de plata, indaga al mismo tiempo con igual anhelante vehemencia los accidentes del terreno i su naturaleza petrográfica, la direccion de las quebradas i otras circunstancias que no son sino el conjunto de los caractéres geolójicos segun los cuales puede abrigar o debe abandonar la esperanza del agua salvadora.

El observador ilustrado, no obstante, i con mayor razon el injeniero habituado a calcular con sus líneas imajinarias en el espacio, i así preparado por las teorías bien aplicadas, a la práctica bien adquirida, es el llamado a probar su sagacidad i ejercitar su injenio en el instructivo teatro de la naturaleza.

La constitucion topográfica del suelo, resultante de las líneas orográficas, que son la causa en combinacion con las de la hidrografía que son su consecuencia directa, no contribuye sino con ciertos datos i elementos esteriores al gran problema de la hidrología subterránea, siendo mas directamente la geología la que determina el réjimen interior de las aguas, cuyo conocimiento es la solucion del problema.

Observar la constitucion geológica del terreno para juzgar de su grado de permeabilidad i seguir las líneas de contacto entre las formaciones diferentes; si las formaciones son estratificadas, anotar los casos cuando las estratas cruzan la montaña de parte a parte con relacion a la línea anticlinal; si sus inclinaciones se

mantienen uniformes o regulares i si hai fallas que la dislocan, anotando los caractéres estratigráficos i geognósticos de todos los accidentes puestos a la vista; si la estratificacion mantea en el mismo sentido de las paredes del valle o a cuerpo de cerro; si en ámbas laderas son los mantos converjentes hácia la linea sinclinal o si pasan de la una a la otra inclinando en el mismo sentido. Tales son los datos mas fundamentales, i en todos los valles de la cordillera en la estension del Desierto de Atacama, desde el Huasco al Loa, se encuentran tales accidentes i circunstancias ilustrativas.

Inmensas corrientes de granito, dirijidas de norte a sur dislocan las estratificaciones jurásicas, forman planos de contacto i producen fallas i dislocaciones en la serie de calcáreas i margas, de areniscas coloradas i pórfidos abigarrados, dando lugar al alumbramiento de aguas en la forma de vegas i pantanos.

El interesante estudio de las relaciones geológicas entre los cauces o cañones del drenaje natural i de las líneas anticlinales o dorsos de las montañas, con las líneas de fractura i dislocaciones de las capas del terreno estratificado, conduciria sin duda a resultados poderosamente ilustrativos en los problemas hidrolójicos.

Han establecido los geólogos americanos del norte que en las altiplanicies estériles i faltas de lluvia comprendidas en las vastas estensiones del territorio de Utach i del Colorado intermediario entre sus cordilleras de Nevada i los de Rocky Mountains, en los oríjenes del Green i del White River, el sistema de drenaje seco subsistente como resto irrecusable de la accion de abundantes lluvias i poderosos torrentes antiguos, acusa a la vez los efectos de una denudacion en escala colosal, i no se esplican, dicen, al viajero

ignorante de las condiciones meteorolójicas de tales rejiones i sobre todo si es en estacion de pleno verano, cómo es que en presencia de tan profundas huellas de un sistema de aguas abundantísimas se contempla ahora el espectáculo de un Desierto surcado de secos i áridos cauces, agotados así al parecer tan completa i repentinamente.

La misma impresion, exactamente, recibe el viajero en Atacama a la vista del sistema de sus rios del Huasco, Copiapó i Loa, así como de sus cauces secos o alternativamente húmedos i secos como los de la Jarilla, Totoral Bajo, Salado de Chañaral, Juncal de Pan de Azúcar, Chaco i Vaquillas de Taltal, Aguas Blancas i Salinas de Antofagasta.

La base del estudio hidrolójico de una rejion consiste necesariamente en el conocimiento mas exacto posible de sus terrenos sedimentarios, de sus rocas constitutivas i de los accidentes estratigráficos que han sufrido.

I si esto es obra de labor, de estudio i de científica investigacion en un local determinado, no seria sino resultado de muchos años i de la competencia de muchos geólogos el conocimiento de todo cuanto al vasto Desierto i Cordilleras de Atacama encierran como campo de aplicacion a semejantes indagaciones. No tanto, sin embargo, como costaria el mismo estudio dentro de rejiones actualmente húmedas o de clima lluvioso donde los detrítus de la descomposicion de las rocas i los efectos de la denudacion ocultan bajo espeso manto al observador la estructura de los terrenos subyacentes.

En el Desierto, la aridez i sequedad favorecen al geolójo, como dejamos ya esplicado, por cuanto desde cualquier altura o punto prominente observa sin obstáculos la topografía del territorio adyacente, libre de

vejetacion para inspeccionar la estructura del suelo, los crestones de las capas sedimentarias i los colores distintivos o caracteristicos de las rocas.

Así colocado el observador, se ha provisto de los tan espeditos aparatos fotográficos o de la mera práctica del ojo ejercitado en el bosquejo a lápiz, es siempre posible realizar en breves instantes ante una naturaleza así desnuda lo que en otras circunstancias seria obra de larga i paciente labor.

Se ven escalonados como en las graderias de un prolongado anfiteatro, los saltos bruscos del terreno tan comentado por todos los sabios viajeros a quiénes tanto interes ha merecido, desde Darwin que lo describió en sus clásicos estudios de las costas patagónicas del Atlántico, hasta Domeyko, que los observó en la caracteristica sucesion de esos descansos i ascensos del suelo hasta cinco veces alternativamente repetidos desde las playas de Coquimbo hasta las alturas de Santa Lucía i en una de cuyas gradas se levanta tan pintoresca la ciudad de la Serena.

Se repiten análogos aspectos, tambien como pertenecientes al grupo terciario del período legnitífero en otros puntos de la costa del norte, como en la desembocadura del rio de Copiapó i en Caldera, para reproducirse otra vez con todo sus caracteres en la península de Mejillones.

Pero tan interesantes formaciones para el geólogo ne despiertan el interes del hidróscopo, porque la esterilidad i la ausencia de vertientes en ellas es un hecho jeneral. La estension que alcanzan hácia el interior del continente apénas se aleja del litoral marítimo o se estiende en cortas porciones aisladas o interrumpidas, sin tener por lo tanto bastante superficie espuesta al riego de las condensaciones atmósfericas. Ademas, la composicion arcillosa de las estratas del

terreno no favorece la circulacion del agua en ellas, sin importar esto un hecho jeneral en cuanto a la naturaleza permeable, pues no carecen de la rocas arenáceas i conglomerados calcáreos propios del grupo.

Pareceria una escepcion de esta regla la vertiente de Chorrillos, al sur del morro de Copiapó si no se descubriera que el oríjen de esa fuente deriva de filtraciones por arenas de aluvion sobre una capa talvez diluvial de naturaleza impermeable o quizá sobre la sedimentacion misma arcillosa de las estratas terciarias de la referida formacion en gradas o escalones.

La íntima relacion existente entre el fenómeno de las aguas filtrantes al traves de las capas limpias de un terreno o de las incrustaciones salinas del mismo, sean éstas interstraficadas o subaéreas, como con tanta frecuencia se exhiben en el Desierto de Atacama i cordilleras, se reproduce tambien entre la naturaleza mineralógica o perográfica de las rocas correspondientes.

En efecto, a causa de la impermeabilidad del terreno diluviano que recibe las humedades atmosféricas o las aguas corrientes, éstas se detienen i recojen en las concavidades del terreno depositándose tambien el lodo donde arraiga la vejetacion acuática de las vegas o ciénagos, o formándose *salares*, o *salinas* o *lagunas secas* cuando el agua, por causas meteorolójicas, desaparece de la superficie del suelo. Lo primero se verifica en los terrenos diluviales o terciarios arcillosos del litoral marítimo, donde a ello concurren las continuas emanaciones húmedas del océano ayudadas por una temperatura mas fresca i la mayor presion atmosférica—tambien en las alturas andinas por razones igualmente meteorolójicas, favorecidas por condiciones de topografía local—i lo segundo tiene sus infinitos ejemplos así en las llanuras intermedias entre

la costa i la cordillera, como en los páramos de las altiplanicies.

El limo fino arcilloso, de tales terrenos, si bien es poco absorbedor de la humedad, la conserva con fuerza, haciéndola obrar así mas eficazmente sobre las sales solubles de oríjen epijenético; lo cual no puede tener lugar con igual facilidad en tierras esponjosas i permeables como las de consistencia arenosa.

Basta obervar este hecho en los zanjones, quebradas o cauces, para comprender la predileccion con que los cateadores, instintivamente o por sagacidad de intelijentes observadores, buscan el agua en las barrancas donde domina el matiz rojo i blanquean, como menuda nevada, las esflorecencias salinas.

Acontece a menudo ser el desaliento i la decepcion el resultado inmediato por darse con aguas saladas, inservibles, no siendo esto raro en el salinoso terreno, ya dentro de la misma salitrera o tierras abajo por donde las aguas mas someras, de oríjen freático, han llevado sales en disolucion hasta saturarse.

Segun los casos, el agua potable reapareceria en profundidad, siendo frecuente que no una sino varias veces alternan aguas malas con buenas, verdaderas salmueras alternando con fresca i excelente aguada.

En la quebrada de Taltal, por donde va el ferrocarril a las pampas de las oficinas salitreras, en las estaciones de la Brea i La Verde hai interesantes casos de estas alternaciones.

En este último punto durante muchos años se han aprovechado las vegas saladas verificando drenajes i represando las aguas en estanques donde recibian un tratamiento químico para precipitar el exceso de cal con el matron de los salitreros

Hoi, mediante intelijentes reconocimientos i trabajos se estrae agua riquísima i abundante procedente

de capas inferiores e independiente quizá de las superiores en algunos casos, pero sin duda tambien de un oríjen comun residente en la misma vena de agua.

Esta se figura en el dibujo esplicativo por la capa acuosa M N de donde se surten los numerosos piques P de las oficinas de la pampa fuera de la zona superficial mojada por pantanos i vegas.

Las grietas del terreno, a veces como fallas, con dislocaciones o sin desplazamiento de capas i aun a veces visibles por simple prolongacion de sus planos a traves del terreno superficial como en *a b*, de la falla F H, dan una esplicacion satisfactoria de estos interesantes fenómenos hidrolójicos.

La falla A B, en efecto, rompiendo la capa impermeable superior B H, deja ascender el agua de M N i se desparrama por la zona freática impregnándose de sales i asomando a la superficie donde forma las vegas V.

Por otra parte, la falla F H, por alguna circunstancia no contaminada con sales sea por no haber atravesado la capa impermeable o por ser limpio el terreno a traves de la rejion *a b*, da curso al agua dulce tocada por ejemplo en q, por el pozo p q, como el hermoso caso del pique de La Verde.

a.-Réjimen hidrolójico inferior i esterior

Desde un punto de vista bien escojido, como lo dejamos repetido, las divisiones interlimítrofes entre las hoyas o cuencas determinadas por las líneas orográficas de la separacion de las aguas, i las de vaguada o recojida de estas por donde se distribuyen i descienden converjiendo todas a reunirse hácia el término de su comun destino en el mar, el ojo se da cuenta i se define con mas o ménos acierto i buena lójica lo relativo al réjimen hidrolójico interior i esterior.

Así observado el Desierto de Atacama en toda su estension, se definen i ofrecen evidentes a la vista del largo i angosto trayecto las hoyas hidrográficas perfectamente definidas, resultando en número de 8 las del primer órden con sus repectivos oríjenes en la cordillera oriental, a saber: Huasco, Totoral, Copiapó, Chañaral, Pan de Azúcar, Taltal, Antofagasta, i Loa; 12 del segundo, cuyo nacimiento tiene oríjen en las vertientes del cordon occidental del valle lonjitudinal: Carrizal Bajo, Bahía Salada, Obispo, Flamenco, Cachina, Cifunchos, Cascabeles, Matancillas, Paposo, Blanco Encalada, Coloso o Mateo i Mejillones; muchas del tercero que solo nacen de las vertientes del cordon correspondiente a la costa marítima, i las 43 pertenecientes a la altiplanicie de Atacama i Puna de Antofagasta de la Sierra, todas han sido así detalladamente descritas i deslindadas, tal como queda constatado en pájinas anteriores de este libro.

Estas divisiones entre las hoyas principales i las secundarias, determinando las separaciones entre sí i de las altiplanicies andinas i descubriendo los oríjenes diversos de donde arrancan, tienen, para el injeniero hidrólogo, la importancia capital de darle a conocer la estension superficial hidrográfica, los puntos de partida i el sentido de las corrientes i con cuya segura posesion i el conocimiento de la distribucion orográfica correspondiente, los problemas de la topografía local i los procedimientos de la investigacion geológica tienen su principal base de solucion en medio de la oscuridad i siquiera un ausiliar indispensable para el arte de descubrir las fuentes o presumir la existencia i direccion de las aguas subterráneas.

La topografía i la geología se ligan aquí íntimamente para guiarlo.

Tomemos como ejemplo un punto de la Cordillera

Domeyko, sobre una cumbre tal como la de Tronquitos. El panorama imponente de una inmensidad de moles levantadas en confusion como en un hacinamiento inestricable de escombros esparcidos al acaso, entrelazados en un tejido informe de encadenamientos, sin leyes i sin órden de colocacion, al parecer, se trasforma—ante la percepcion de las líneas principales de direccion i de la distribucion de sus ramificaciones o brazos, por interminables i confusos que parezcan—en un conjunto de formas definidas fáciles de trazar para el lápiz del injeniero, como el naturalista dibuja el tejido fibroso de la hoja de una planta.

Aquel conjunto de líneas nos hace ver al potente macizo de Tronquitos como el núcleo de donde derivan las principales fuentes alimentadoras del rio de Copiapó, por un lado, suministrándole buen continjente de aguas superficiales; i por el otro, las que corresponden a la quebrada de Paipote, su estéril tributaria. Es decir, raudales de una misma fuente, corriendo por la superficie i enjendrando verdor i lozanía en un sentido, i por el otro sumerjiéndose i dejando solo sequedad i aridez.

La observacion geolójica suministra la esplicacion de este fenómeno llamando la atencion hácia las respectivas formaciones detríticas de los valles de Copiapó i de Paipote. Por allí las caidas de suave pendiente i la composicion arcillosa del suelo, realizan las condiciones en que las aguas se estienden o corren sobre la superficie sin encontrar terreno permeable o absorbente miéntras, al contrario, por el lado opuesto, la configuracion del terreno ha favorecido la accion torrentosa de las aguas aluviales i éstas han rellenado el álveo de las quebradas afluentes de la de Paipote, con los aluviones permeables por

donde se infiltran las humedades para ir a correr sobre lecho propio en las honduras subterráneas.

I no son las aguas de Tronquitos, que se vacian por la quebrada del Hielo i otras a la central de Maricunga, las únicas que aparecen absorbidas por el terreno aluvial para no reaparecer mas a la superficie. Entre la referida cumbre de Tronquitos, en latitud 27° 14' 11" 68 i la Sierra Brava en 26° 40' 17" 98, con sus respectivas alturas de 4,550 a 4,600 metros, median una 60 kilómetros de la Cordillera Domeyko de donde se desprenden las dos grandes quebradas de Maricunga i San Andres. Aquella que recibe, ademas de las de Tronquitos, ya citada, las de quebrada Larga i otras procedentes del contrafuerte de la Guanaca i Ojo de Maricunga; i la segunda, que recibe otras de la misma procedencia, como las del Toro i las de los flancos de Sierra Brava, cómo la Coipa i otras, de donde resultan las vegas de San Andres. Ambas, reuniéndose a Maricunga i San Andres, recibiendo en su tránsito otras quebradas tributarias, recojen en aquel punto el tributo invisible tambien del lago subterráneo del llano de Varas.

El exámen geolójico de la hoya principia por dejar la fundada idea de que las aguas represadas i absorbidas detras de la zona de la cordillera occidental desde Tronquitos a Sierra Brava, en la estensa cuenca de Maricunga, filtran al traves de la muralla montañosa interpuesta a su paso como un dique i toman caminos ignorados quizá en exacta correspondencia interior con los lechos esteriores de las vaguadas.

La constitucion geognóstica, en efecto, señalada por potentes estratificaciones de traquitas i tufos traquíticos, areniscas, asperones, i conglomerados de mas o ménos consistencia, no seria una objecion contra la permeabilidad del terreno. La formacion

calcárea del lias i la oolita, determina con aquella otra serie estratificada, planos de contacto en cuya interseccion con la superficie se presenta el mayor número de casos de vertientes mas importantes i vegas mas estensas. El rio de Copiapó corre a grandes trechos segun esa línea de fractura, i donde los valles cortan la estratificacion calcárea, se ven corresponderse las vertientes en simétricas posiciones respecto de los accidentes geognósticos que las producen.

Los bancos i estratas diversas de las formaciones sedimentarias, una vez definida su corrida jeneral i sus pendientes hácia el horizonte, como tambien su naturaleza mineralógica o constitucion petrográfica, dejan de aparecer como en confusa i desordenada disposicion i permiten determinar las posiciones relativas de sus fragmentos en las vertientes opuestas de los valles.

Donde las cubre el terreno detrítico, los pliegues, hendiduras o faldeos abruptos casi siempre existentes, denuncian el grado de su inclinacion, el sentido de su pendiente i permiten distinguir aquellas de naturaleza impermeables, con cuyos datos reunidos se descubre que la cabeza de tales capas, ocultas bajo del terreno detrítico se humedecen en las filtraciones i ofrecen una vía de escurrimiento al agua. El curso de estas capas se sigue a veces fácilmente, i la presuncion de ser portadoras del caudal de una fuente se comprueba con el hecho mismo de verla surjir allí donde una fractura interrumpió la continuidad de la estrata conductora, o se mantiene con la fe de los signos bien observados viéndola desapareçer debajo del suelo elevándose su continjente a rejiones mas profundas.

En un valle cualquiera de aquellas cordilleras, siempre se observa, siguiéndola hasta sus mas distan-

tes oríjenes, numerosas vertientes surjiendo del fondo del mismo, así como de las quebradas laterales que a él converjen i de sus rápidas pendientes, pero sin llegar éstas a reuuir sus caudales entre sí, sin embargo, de no ser negativas del todo las condiciones atmosféricas para suponer que éstas por sí solas tengan la bastante enerjía de evaporacion para llevarse el todo de sus aguas por este procedimiento i esta sola causa.

Mucho tiene, por lo tanto, el hidrólogo para aplicar allí su paciencia i estudio a la composicion geolójica del suelo i a la disposicion estratigráfica de los terrenos en aquellas montañas.

En cambio, en razon de la esterilidad misma dominante, semejantes indicios i caracteres tienen para él una importancia desconocida i le despiertan un interes de éxito i estímulo que no se goza en las felices comarcas donde los torrentes caudalosos dejan sin interes ni gran valor a la humilde fuente cuyo caudal, esterior o subterráneo, se pierde ante la magnitud i abundancia del gran total.

Descendiendo de las altas crestas divisorias es sobre todo donde interesa e importa la lei de simetría que con mucha frecuencia se conserva en los sistemas montañosos, como el paralelismo tan visible a veces de aquellas líneas anticlinales con las sinclinales del fondo, i estas a su vez con la superficie ondulada de las vertientes respectivas, relacionándose estos hechos con la estratigrafía de las formaciones sedimentarias, que, ora presentan sus capas inclinadas en el mismo sentido que las vertientes o faldas del valle, ora inclinan de adentro para afuera buzando de uno i otro lado hácia el plan o lo hacen, al contrario, a cuerpo de cerros. Las pendientes pueden, por otra parte, conservarse constantes desde las cumbres al

fondo de la quebrada o cambiar en uno o mas casos; la inclinacion puede ser diferente en ámbas faldas opuestas, i los planos de contacto pueden adherir tenazmente a contener materia permeable interpuesta, sucediéndose periódicamente o no las secciones de terreno semejantes en composicion, etc., etc.

Asimismo en la estructura arquitectónica de las montañas, como es mui frecuente, es de interes para el hidrólogo observar si la estratificacion corre paralelamente a la direccion que lleva el cordon mismo que la soporta, i si las quebradas, haciendo las veces de planos de ruptura, han producido dislocaciones que establezcan entre sus vertientes diferencias de nivel en las estratas correspondientes, sin descuidar de anotar, ademas, cuando las capas sedimentarias, al no inclinar en el sentido de la pendiente a la vista, puedan hacerlo en el de otra diferente en relacion con algun valle o quebrada adyacente.

Todas estas circunstancias tienen mucha aplicacion al curso de las aguas inferiores i su conocimiento es de una necesidad imprescindible para proceder razonadamente en el arte de buscar i descubrir las apetecidas aguas.

Cada una de las alturas culminantes del cordon de cordillera de donde se desprenden los escasos torrentes atacameños i arrancan los oríjenes de sus sistemas hidrográficos, es de seguro, manantial perenne de humedades, sea que la nieve las adorne de perpetua diadema blanca, como el Potro i nevado de Jotabeche, principales surtidores del rio Copiapó, o que solo temporalmente las dote la atmósfera con tan fecundo privilejio, como Tronquitos, Cerro Bravo, Doña Ines, Chaco, Sapos i Quimal.

Ahora bien, en las caidas occidentales de esa cadena de montañas, en sus brazos i contrafuertes, es

frecuente encontrar zonas i fragmentos de la formacion jurásica o de las de areniscas con quienes alternan, así como otras formaciones sedimentarias cuyas capas, inclinando en las variadas condiciones ya anotadas, arrojarán mucha luz i a veces podrán conducir a determinar las relaciones entre las líneas de recojida esteriores i los lechos subterráneos.

Lo apuntado en pájinas anteriores con motivo de los caractéres topográficos del terreno se puede ampliar ahora con la designacion de sus caractéres geológicos, i pues la concordancia de ámbas corrientes, inferior i superior, en el sentido vertical cuando las paredes del valle se inclinan mutuamente con un mismo grado de pendiente, se modifican i cambian segun la disposiciòn de las estratas conductoras de las humedades.

Si la estratificacion de ámbas laderas es concordante i las capas del faldeo ménos inclinado pasan por debajo de las capas del lado opuesto, la vaguada subterránea se apartará de la vertical que corresponde a la vaguada de la superficie, adhiriéndose necesariamente hácia el costado de la pared mas inclinada, i aun, abandonando el lecho determinado por ámbas paredes, puede seguir el agua la vía de la mayor pendiente que le ofrecen las estratas para ir a reaparecer inesperadamente en puntos donde se le tomaria por fuente procedente de distinto oríjen.

Es probable que la falta de observacion de este hecho ha dado lugar al mal resultado de pozos abiertos en la quebrada de Paipote, en la de Chañaral, en la travesía de Juncal al Chaco i Cachinal, en algunas quebradas de la costa i en otros puntos donde infructuosamente se ha tratado de alcanzar agua con la sola consideracion de las apariencias en las líneas de recojida esteriores, habiendo quizá ocurrido ántes de

abandonar la zona de los terrenos estratificados de valles adentro, el escurrimiento de las aguas por la mayor pendiente.

Acontece esto sin duda con frecuencia en los rios Jorquera, Manflas i Pulido de Copiapó i tambien en ciertos puntos del cajon de este rio en su curso de sur a norte, donde se producen cambios de curso pasándose las aguas por debajo de una saliente para ir a reaparecer en otro surco o valle diferente, fenómeno quizá tambien en relacion con el frecuente hecho de algunos de aquellos saltos característicos que dejamos ya esplicados, producidos por diques o dislocaciones contra las cuales se detienen las corrientes sin dejarlas pasar ni subterráneamente ni por encima, i sin embargo, no rebozan o no aparecen de manera alguna.

Nada mas comun, entre otros modos de desviacion de las aguas esteriores, como el abandono de sus antiguos cauces por efecto de las avenidas torrenciales o turbiones que los colman con las materias arrastradas i arrojan las corrientes en otras direcciones, interrumpiéndose constantemente por esta causa la concordancia entre el curso de estas i sus correspondientes en profundidad.

En cuanto a estas, por estar al abrigo de tales causas de desviacion, seguirán, naturalmente por su invariable lecho subterráneo cuya situacion quedaria por descubrir.

En el caso de terrenos no estratificados, hai razon para suponer que las aguas internas busquen con preferencia su salida hácia las paredes del valle que les dejan franco escape por cualquier vía practicable, ántes que vencer en otra direccion la resistencia de rocas que son siempre impermeables.

No pues, por ser escasas las lluvias i poco consistentes las nieves, dejan de reproducirse en las que-

bradas, cañones i quiebras, ondulaciones o desigualdades, en las laderas andinas, en fin, de las montañas del Desierto atacameño, los mismos caractéres jenerales de configuracion física i fisonomía topográfica propias de otras rejiones en donde reina una climatolojía mas abundante en lluvias i nevadas.

Las pequeñas ranuras i numerosas vías que como meras incisiones en el terreno sirven para dar curso a las primeras gotas de la condensacion atmosférica o de la licuacion de la nieve en las alturas; la reunion de estos nacientes hilos líquidos que se buscan i se encuentran a medida que descienden la pendiente falda, disminuyendo en número para aumentar en fuerza; la disposicion simétrica de los contornos de la montaña formando circos o anfiteatros de donde nuevas agrupaciones parciales i sistemas de corrientes diversas converjen a un valle central como los radios a un centro comun o como las raices de un árbol al tronco; i hasta el alegre verde de la vejetacion acuática, de la grama i aun cuando solo sea el tinte de esmeralda que reflejan las superficies redondeadas de la estraña yareta, son caractéres tan propios a los oríjenes de los áridos valles de Atacama como a los de la rejion central de Chile. Solo consiste la diferencia en el caudal de las aguas resultantes, no siendo allí bastantes para constituir rios i lagos, pero tampoco suficientes para dejar de dar nacimiento a corrientes invisibles mui dignas de ser estudiadas i seguidas en su ignorado curso i sacadas a luz para su aprovechamiento.

El problema, ya enunciado en sus datos mas jenerales i planteado en los términos de dilucidacion mas fundamentales, necesita todavía de ciertas soluciones para hacerlo mas práctico i aprovechable.

La no concordancia de las corrientes esteriores con

las de profundidad en el sentido de la verticalidad es, sin duda alguna, mayor aun en el paralelismo de los respectivos lechos, siendo tan admirable la idea de que las desigualdades del cauce subterráneo de un valle no tienen por que estar punto por punto reproducidas en su correspondiente de la superficie; como notorio es el hecho de que el agua surje a honduras mui diferentes en lugares mui inmediatos unos de otros i a donde los caracteres esteriores no dan razon alguna de semejante diferencia. Con mucha frecuencia sucede que debajo de una superficie horizontal se encuentra un fondo donde la pendiente es considerable.

Por lo jeneral, las quebradas del Desierto i las anchas playas o llanos inclinados de este a oeste, indican que este caso debe presentarse mui a menudo, pero en ciertas circunstancias, como en el llano de Varas, deslindado por el norte con los cordones lonjitudinales del Pingo, Humito i Bonete, la capa de agua se alcanza, desde los 200 i mas metros de hondura en el Pique de la Buena Esperanza, hasta los 40 i 30 metros en el estremo sur del mismo llano al sur hasta Cachiyuyo i Púquios.

Esta gran cuenca hidrográfica no recibe fuente o caudal alguno visible, siendo completamente secas i áridas, con alguna lluvia eventual al año i por todo riego atmosférico algunas lloviznas en los meses de junio a julio i casualmente alguna nieve en sus divisorias del noreste. I no obstante, la capa de agua superior, reconocida inagotable en cuanto ha podido ser esplotada, no está averiguado si es la única, ni si el desagüe visible por el boquete de Púquios representa todo el escape de su caudal excedente.

La clase misma o composicion química de las aguas confirma tambien esta suposicion por el hecho de ser

en alto grado incrustantes las de la capa superior en las vegas de Púquios i de notable pureza las del pique de la Buena Esperanza.

Si las profundidades de la cuenca de Varas comunicaran con las de la quebrada de Paipote por Púquios o por Llampos, el problema de alumbrar aquel caudal quedaria económicamente facilitado por los ciento i mas metros de ménos en escavacion que resultarian de la diferencia de nivel esterior. Pueden suponerse tales aguas subterráneas como muertas o de pié, pero no está averiguado el caso i quizá como mas probable son de corriente continua. Este caso de represa natural de las agüas, comprendido en la regla jeneral cuando se oponen barreras o se producen saltos en las quebradas, parece tener escepcion o estar modificado en la vega de Copiapó, donde, al contrario, quizá por ser enteramente sólido e impermeable el dique interpuesto entre la ciudad i el barrio de la Chimba—donde el terreno aluvial es mas grueso i las capas arcillosas diluviales se hallan mas profundas—sucede que la capa de agua subterránea se encuentra, de este lado, a favor de la pendiente i a mayor hondura respecto de la ciudad.

En un valle como aquel, donde el agua, escasísima para la estension de terreno cultivable por excelencia i en las mejores condiciones climatéricas posibles para los frutos agrícolas da mayor estimacion, no se han hecho, ni durante la opulenta prosperidad de la minería, cuando todo pudo haberse emprendido, ni en los tiempos de decadencia cuando la apremiante necesidad lo imponia, trabajos de estudio ni tentativas prácticas en el sentido de alumbrar aguas. Porque no pueden tomarse como estudios razonados ni siquiera inspirados con el criterio de una práctica bien aplicada, los famosos trabajos de Toledo i Ramadilla veri-

ficados por un titulado hidróscopo, Mr. Gaucherot, quien pretendia, no guiarse ni necesitar estudio sino adivinar el curso i existencia de las aguas subterráneas por meras impresiones físicas en su propio organismo.

El abate Paramelle, al contrario, aunque dotado de su vocacion tan admirablemente demostrada con hechos en el arte del hidróscopo i hombre de honradísimas condiciones, tuvo la inspiracion de su bienhechora mision, pero ántes de ejercerla estudió la ciencia geológica en sus mas puras fuentes i, practicándola en el terreno, solo se lanzó a los hechos cuando se sintió convencido por los raciocinios de una bien fundada teoría i de un conjunto de reglas i deducciones ajustadas a la mas perfecta lójica i sagaz investigacion.

Tambien fué de nacionalidad francesa el distinguido injeniero don Cárlos E. Plisson, quien por muchos años ilustró en Atacama las diversas materias que fueron confiadas a su científica competencia. Su obra sobre la hidrología del rio de Copiapó ha quedado inédita, pero sus útiles observaciones e importante contenido tendrán su respectivo lugar de honor en el curso de estos apuntes.

Todos los valles o quebradas del Desierto, lo hemos repetido ya e ilustrado con ejemplos visibles, contienen capas impermeables varias veces alternadas en las profundidades de sus aluviones, pudiendo dar así, como tambien lo dejamos probado, lugar no solo a una sino quizá a una serie de otras tantas corrientes de agua.

La configuracion de los valles del Desierto, en Huasco, Carrizal Bajo, Copiapó, Chañaral, Pan de Azúcar i Taltal afectan los carácteres i producen la idea de grandes i profundos estuarios antiguos de una época geológica cuyo mayor desarrollo parece corresponder

al postplioceno, miéntras se depositaron los limos diluviales alternantes con las sucesivas capas de arenas hasta el advenimiento de la época decididamente aluvial que parece principiar en estos antiguos estuarios, así como en el del Rio de la Plata, con el característico banco de conchas de oríjen alternativamente fluvial i marítimo o de aguas salobres. Este horizonte geológico está probado en ámbas costas del Atlántico i del Pacífico i creemos ver una comprobacion de ello en los bancos de conchilla del puerto de Copiapó comparados con los de Belgrano.

Debajo de estas formaciones yace la terciaria, limitada a estrecha zona desde la costa al interior, sin dejar de internarse en algunos casos lo bastante adentro para juzgar de la profundidad del terreno sedimentario entre cuyos bancos o series de estratas pueden correr libremente a considerable hondura debajo del nivel del mar, las aguas subterráneas.

En resúmen i conclusion el estudio comparativo entre los valles húmedos con agua en la superficie i aquellos que aparecen secos i destituidos de toda vejetacion, tanto en la rejion central del Desierto atacameño así como en la de sus altas mesetas andinas—examinando atentamente los hecho desde los puntos de vista adecuados para apreciar los caractéres geognósticos de la localidad en donde se buscan aguas subterráneas—demuestra con notable frecuencia un paralelismo visible i constante de las circunstancias relacionadas con la aparicion de las abundante fuentes i rios de tales valles, húmedos con las de aquellas que dan oríjen, en los valles secos, a las escasas i humildes vertientes o lánguidos arroyuelos de trecho en trecho esparcidos al aire libre apénas en lo bastante para suministrar una gota de agua a las necesidades mas apremiantes.

Razon de mas i de sobra es esta para estimular la accion de las autoridades i de los particulares hácia empresas i trabajos de tan considerable trascendencia para el fomento de las riquezas minerales de todo jénero esparcidas en los despoblados territorios del norte de Chile.

Se duda i hasta se moteja de ilusorias las ideas de llegar a buen término con tales proyectos, pero ninguna, entre las objecciones aducidas en contra del buen éxito tiene base práctica o científica siquiera digna de discusion.

El mismo Paramelle fué objeto de desdenes i desconfianzas al principio así como de admiracion i asombro despues del éxito, atribuyendo a mero don providencial o de facultades sobrenaturales, obras esclusivamente debidas al estudio, a la observacion juiciosa i atenta de los hechos visibles o esteriores para deducir de ellos los invisibles o interiores. Su inspiracion la bebió en los libros de geología de su tiempo, d'Aubuisson, d'Omalius d'Halloy, de la Bèche, Lyell, etc., a quienes él llamaba los padres de la ciencia geolójica, i su guia fué la gran carta geográfica de la Francia por Cassini, el padre, se diria tambien, de la ciencia geodésica.

VIII

RECURSOS

HIDROLÓGICOS DEL DESIERTO I CORDILLERAS: SU VALOR I APROVECHAMIENTO

A.—Lluvias, nieblas i rocío

Sabida la existencia de aguas subterráneas en el Desierto de Atacama en cuanto está comprobada con los hechos de su aprovechamiento efectivo por medio de pozos comunes, aguadas naturales, etc., no podrian oponerse objeciones fundadas contra las probabilidades de su estension a mas vasto campo i en mayor escala, dadas las condiciones relativas a los oríjenes del agua en profundidad tal como las dejamos esplicadas: alguna lluvia, aunque rara, i escasa; densas i refrescantes neblinas i rocío; nieves i abundantes granizadas, chaparrones i tormentas de verano en las cordilleras; manantiales perennes i favorable consistencia del suelo para la infiltracion.

Las lluvias, como es jeneralmente admitido, tomadas en su conjunto sobre todo el orbe terrestre i haciendo escepcion de la zona tórrida, no alcanzarian

con su caudal llovido a abastecer las exijencias del hombre civilizado.

Incertidumbre i eventualidad son atributos mui caracteristicos en la verificacion de los meteoros acuosos, tan irregulares en la periodicidad de sus manifestaciones como en el grado de sus intensidades. Son raros o nunca se producen en algunos puntos i en otros su formacion es un fenómeno casi permanente.

La fecunda observacion meteorolójica ha arrancado, sin embargo, datos de infinito valor para la apreciacion de la cantidad de agua llovida mas o ménos sobre una superficie determinada.

Las cantidades estremas de lluvia, desde o.m donde la sequedad es permanente en todo un año redondo, hasta 4 o mas metros de espesor donde llueve a torrentes, se reducen para el Desierto de Atacama a algunos centímetros apénas, i aun cuando este espesor, aumentando sucesivamente hácia la rejion central de Chile adquiere por término medio anual, digamos 0.75m., no habria aun el agua suficiente requerida en sus infinitas aplicaciones i destinos por las exijencias de la vida civilizada e industrial.

En efecto, dado el medio de aprovechamiento del agua de lluvia mas comun, como el de los aljibes o estanques, simples tinas o barriles en nuestras minas para recojer la recibida sobre la calamina del techo de las habitaciones; dando una superficie de 25 metros cuadrados por habitante, que no es poco, i asignando a la evaporacion i pérdidas de otro jénero una desaparicion de un tercio del total, que no es mucho, quedaria una dotacion de 35 litros de agua mas o ménos por cabeza, i la *casa de lata*, galpon de zinc o techo de tablas, apénas si le destilan algunas gotas

para el sustento diario durante la buena estacion i en los puntos favorables.

El agua de lluvia es, pues, por sí sola, insuficiente, i si la naturaleza misma no nos la recoje en los rios i la almacena en los lagos esteriores, será necesario buscarla en los receptáculos invisibles donde la oculta i parece querer sustraerla al alcance del hombre.

Si aparte de las razones físicas i geolójicas aducidas como signos positivos en favor de la posibilidad de obtener agua subterránea en los áridos desiertos de la rejion boreal de Chile, se objetara todavía contra ella mediante argumentos económicos i con las usuales razones de lo desconocido, como la falta de ejemplos, de precedentes en casos análogos i tantos otros, se podria apelar por pruebas i hechos a todos los desiertos del mundo i a todas las edades de la historia humana.

Tratándose de quienes leen i comentan sobre estas materias, no hai ignorantes, sin duda, mas si no por vía de enseñanza siquiera por refrescar la memoria i porque la oportunidad lo ofrece, recordemos los antecedentes de notoriedad en la historia i hechos de palpable realidad i buena enseñanza.

La Palestina de los patriarcas hebreos, el Sahara de los beduinos, la Arabia, el Ejipto, donde se desarrollaron los acontecimientos de la primitiva historia de las razas humanas, son precisamente los territorios de Asia i Africa mas ilustrativos en testimonio de los recursos suministrados al hombre por el agua contenida en el seno de tierra i sobre la superficie de áridos desiertos. Porque en aquellos tiempos remotos i de grandes obras de arte i de trabajos admirables para la subsistencia humana en las orillas del Eufrates, del Jordan i del Nilo, tambien hubieron de luchar los

hombres contra la esterilidad i triunfar contra la inmensidad de los desiertos inhospitalarios interpuestos entre unos i otros de aquellos valles de fertilidad.

Es asombro de los viajeros el pozo aun existente en las inmediaciones del Cairo, antiquísimo, sin duda sea o no debido a mandato de José durante su poderío en la corte de los Faraones, pero en todo caso admirable por su profundidad de cien metros i la ancha galería de descenso en espiral que la circunda, como si a ejemplo de los babilonios para alcanzar al cielo, lo ejipcios hubieran emprendido la perforacion del mundo hasta dar con el agua apetecida a cualquiera hondura dentro de las profundidades de la tierra.

La antiquísima Sychem ofrece otro pozo reputado como el del mismo Jacob, i, en plena Arabia, fuera el anjel Gabriel u otro tan remoto hidrólogo su constructor, no es ménos conocido el famoso pozo de Zemzem donde el desterrado Ismael sació la sed i los peregrinos a la Meca veneran hoi todavía como fuente donde bebieron tambien los antecesores de Mahoma.

En obras hidráulicas de mayor importancia, los ejipcios las construyeron igualmente grandiosas para almacenar el agua de las creces, como sus pirámides i soberbios templos.

Los fenicios en Tiro, los judíos en Jerusalem, los asirios en Babilonia, dotaron a sus campos i travesías de pozos i cisternas infinitas i construyeron en sus ciudades estanques i lagos, acueductos i canales de portentosa magnitud.

Mr. Degousée refiere que en la provincia china Ou-Tong-Kiao hai millares de pozos que van hasta profundidades de 500 a 800 metros.

I para no hacer cuestion de mas historia reproduciendo lo referido por Heródoto sobre las obras de

Samos donde se perforaban túneles en la roca para dar paso al agua, ni lo de Sexto Julio Trontino sobre la Agua Claudia i Agua Virjinia, cuando un millon de romanos disfrutaban entónces de mas agua para sus usos que hoi en Francia e Inglaterra disfrutan los habitantes de Paris i Lóndres; prescindiendo todavía de lo referido por tantos autores sobre la India, la China i el Japon, en contrucciones de obras hidráulicas para la agricultura i la hijiene; sin parar mientes todavía en el asombro de Hernan Cortés ante los lagos artificiales de Méjico hasta llegar a nuestro propio continente i a casa propia, bástenos recordar con Garcilaso los canales de los antiguos peruanos con su 150 leguas de largo por entre las escabrosidades de los Andes para acarrear un poco de agua hasta los áridos valles de su rejion marítima.

La conquista europea, junto con el esterminio de las razas indíjenas, acabó tambien con sus obras, destruyendo o entregando al abandono del tiempo los canales i las represas destinadas al cultivo del suelo. En cada fuente natural, vertiente, arroyo o caudal cualquiera de agua subsistente aun en toda la estension de las cordilleras i Desierto de Atacama se encuentran siempre vestijios de la existencia de una tribu, familia o de algun solitario reducido a vivir, como el hombre salvaje de las edades primitivas, en el hueco de una roca.

Las señales del bárbaro esterminio se denuncian por sí solas a la vista del viajero en los restos de numerosas i estensas tamberías, asiento de otras tantas poblaciones dedicadas al cultivo de la tierra i desaparecidas hasta dejar como único recuerdo los escombros dispersos de sus obras hidráulicas i las aguas recojidas de nuevo, por el abandono de los siglos, a sus lechos primitivos.

En Caspana i Aiquina, en Machuca i el antiguo pueblo de Atacama, los últimos vestijios parecen defenderse aun refujiados en las breñas, surcada todavía la falda empinada i circundado el peñasco de roca por las sucesiones de melgas escalonadas donde cultivaban el maiz; i en Antofagasta de la Sierra, la vista asombrada las divisa desde las alturas, clara i distintamente dibujadas sobre la pradera estensa, hoi cubierta otra vez por la grama primitiva, ocupando los compartimentos de cultivo ántes dedicados al metódico sistema característico de los agricultores indíjenas.

No habria razon de vituperar por ello a los civilizados conquistadores causantes de tanta ruina. El pasado siglo ha sido tambien testigo de una desenfrenada codicia de nuestros contemporáneos por los metales, con olvido i desden por la conservacion de bienes imperecederos o el fomento de riquezas naturales de otro órden, mas conservable i de mas jeneral aprovechamiento.

Cuatrocientos millones de pesos en oro, en plata i en cobre han sido arrancados a las montañas de Copiapó durante las medianías del siglo pasado, sin haberse aprovechado de toda esa enorme suma en tan corto tiempo producida, algo de ella en obra alguna de prevision i cordura, siquiera en algunos pozos de noria en el Desierto para socorrer al cateador, un cauce en el rio para regularizar su efímero caudal; ni una reduccion de sus vegas para arrebatar a la atmósfera su presa de evaporacion, ni un metro de canal en los arenales absorbentes, ni una limpia a sus aguadas i vertientes, i ni siquiera un recuerdo para memoria i gratitud de las posteridades.

Una dedicacion municipal al descubridor de Chañarcillo, el indio Juan Godoy, fundido en hierro i ca-

ricaturado en molde de inglés, fué siquiera obra de buena voluntad; un *Junta de Minería* creada espontáneamente por voto popular i mantenida mediante un impuesto voluntario de los mineros, hizo grandes cosas, sin duda alguna, i el ferrocarril, en fin, fué tambien obra esclusivamente de iniciativa i capital privado: en cambio, la accion del Gobierno con tantos bienes favorecida, no se hizo sentir jamas en obra alguna digna de recordacion.

Las causas jenerales de las variaciones climatéricas del globo atribuidas a fenómenos de oríjen cósmico como el creciente enfriamiento del hemisferio boreal a la par del calentamiento progresivo del austral, debido, como se afirma por los físicos i astrónomos, a la desigualdad existente entre las estaciones de ámbos, no tienen indudablemente papel principal o directo en la seguridad de nuestro Desierto, ni en su persistencia, ni en la desaparicion de la raza de los cunzas cazadores de Atacama por el agotamiento de sus antiguos rios i fértiles valles, ni de la de los pescadores changos por habérseles secado sus playas ántes húmedas i agrestes.

Son hechos meramente locales, como en los estados de Norte América colindantes con Méjico, Arizona, Lago Salado i toda la alta rejion intercordillerana de las montañas rocallosas; i de todo lo adquirido por esperiencia, trabajo i estudio en aquellas tierras de natural esterilidad i sin lluvias, podemos deducir estímulo, ejemplo i siquiera relativo beneficio para las nuestras, sus iguales en cuanto a condiciones geolójicas, topográficas i meteorolójicas.

Si no se podria asegurar la influencia climatérica capaz de hacerse sensible en las tierras áridas de los Estados Unidos por los cultivos propagados por doquiera: la canalizacion de los pequeños rios, las repre-

sas, los pozos artesianos, comunes e instantáneos, podemos en cambio aseverar para el norte de Chile la mas positiva i desastrosa persistencia i progresivo aumento de la esterilidad.

El repetido ejemplo del Oued Ryr en Sahara i tantos otros en el Africa misma i el Asia, entran ya en la categoría de hechos lo sobradamente probados i aprovechados para inducirnos a nosotros, al fin, angustiados por falta de una gota de agua en la rejion de nuestra riqueza mineral, a procurar tambien la realizacion de iguales hechos siquiera en la pequeña escala de las primeras pruebas.

El punto relativo a la escasez de las lluvias deja de tener para nosotros una importancia del todo absoluta, reduciéndonos al relativo recurso de su influencia siquiera en las pequeñas proporciones de su contribucion al refrescamiento jeneral del territorio un dia u otro i al embalsamiento de aguas en las fuentes i otros lugares donde se recojen o estancan.

Tratamos de una rejion naturalmente árida por falta de humedades o lluvias, debido a cualesquiera de las causas ya esplicadas; mas, prescindidas éstas, nos quedamos siquiera con una razon lójica, una causa aparente pero de seguro real i efectiva, tal como es el hecho de la persistencia i aumento progresivo de la sequedad enjendrada por la sequedad misma.

Es el hecho de un mal agravado por el abandono i sucesivamente de aumento por no tomar medidas siquiera para detenerlo o volverlo en parte a sus antiguos límites.

I tales hechos son tan evidentes como para llevar de ellos cuenta exacta anotando la mera sucesion de los casos de lluvia, año por año: viene uno rigorosamente seco i de seguro a este siguen otros, no bastando despues como indemnizacion de lo perdido en

agua por las fuentes de sol i los pozos ordinarios, la reaccion de un incremento de la lluvia o de un buen año, como decimos, aun cuando éste se distinga por caidas de aguas torrenciales con su cortejo de turbiones i destrozos consiguientes en las grandes creces.

Fluye de esto naturalmente, como el agua del manantial, la idea de aprovechar estos caudales, pocos o muchos, pero nunca por felicidad tan remotos o eventuales en su produccion como para no pensar i ocuparse de su existencia como recurso de prevision contra la invasora accion de la sequedad i de efectivo i aprovechable valor como recurso industrial para objetos de regadío i cultivo de terrenos, agua potable para las minas i las poblaciones, para los ferrocarriles del Estado o particulares, etc., etc.

No consideramos, es natural, el continjente acuoso de las lluvias en la rejion propiamente dicha del Desierto, sino tambien en las altiplanicies cordilleranas i en la misma gran cordillera real de los Andes.

En cuanto a la parte fundamental de toda especulacion o cálculo comercial, a saber: *la cantidad de lluvia caida*, no podria darse este dato con seguridad ni aproximada exactitud por falta de observatorios meteorolójicos en las rejiones aludidas i apénas sí por las del Liceo de Copiapó se tendria una base digna de fe para aplicar sus revelaciones a distancias mas o ménos considerables de ese valle encajonado entre altas paredes de cerros.

Una lluvia de 0.01m. de altura equivalente a 100 metros cúbicos por hectárea, bastante para calificarla a lo ménos de buen riego, es fenómeno desconocido por el norte de Chile, pero no es poco el beneficio resultante de refrescar la tierra, sacarla de polvo, i aun, beneficio privativo de aquellas comarcas, lavarla de polvo para poner en descubierto ante los ojos del

mismo cateador el color i la naturaleza de los panizos, con mas la renovacion i multiplicacion de las aguadas.

Esto, repetido dos i cuatro veces por año, es beneficio de grandes recursos i fecundo aprovechamiento inmediato.

En la altiplanicie, ya es otra cosa: el recurso de la lluvia, aumentado con el del granizo i las nieves, así en lo duro del invierno como en las tormentas i chubascos de verano, constituye un elemento a lo ménos moderador i conservador del caudal de los rios i arroyos, circunstancia de importante significacion no tan solo para la altiplanicie misma sino para las rejiones de abajo o aquende cordillera donde por vía subterránea se alimentan las fuentes i se mantiene el inmenso caudal contenido por impregnacion de las rocas i en capas acuíferas a diferentes niveles, tal como ya las hemos esplicado en su modo de formacion.

Entre los demas meteoros acuosos capaces de servir como recurso hidrolójico en el Desierto, las neblinas de la costa figuran en la importancia de no insignificante proporcion siquiera por la oportunidad de sus servicios, así por sí solos como en union del rocío nocturno.

Nieblas i rocío, humedeciendo el suelo hasta penetrar a sensible profundidad en él, bañando las plantas i condensándose sobre los techos de zinc, constituyen beneficios de tan salvadora oportunidad como perdurable trascendencia en los destinos del Desierto.

Todos estos elementos son factores importantes en los problemas hidrolójicos i se debe hacerlos figurar con la especial aplicacion debida a su gran papel i destinos en los páramos i secadales bastante felices para gozar de estas compensaciones de la naturaleza.

Sabemos ya cuanto valen éstos, si solo mediante la condicion de una temperatura media de 30° centigra-

dos durante el dia, en sus horas ántes i despues del meridiano, el aire adquiere su saturacion conteniendo hasta 20 i mas gramos de vapor de agua, para pasar luego al 0° de temperatura en la noche con produccion de tan escepcionales condiciones para la formacion de copioso rocío, favorecidas todavía con la purísima trasparencia, tranquilidad i diafanidad de aquella atmósfera.

Es el Desierto atacameño así, escepcional en muchas condiciones físicas i metereolójicas, como hemos estado constantemente observando, no estando de mas aquí agregar lo relativo al nivel de las nieves perpetuas en sus cordilleras, estando comprobado para las latitudes de Atacama una notable escepcion al hecho jeneral en todo el globo i en los mismos Andes.

Así, el Llullaiyaco a 24° de latitud, tiene sus nieves perpetuas a los 6,000 metros de altura, i el Potro a los 28° las tiene a los 5,200 metros, miéntras el Cotopaxi en plena línea ecuatorial las mantiene a 4,800 metros i el Himalaya, en 28° de latitud norte las tiene a los 5,000 metros.

Luego en Atacama la altura de las nieves perpetuas es la mayor del mundo.

En cambio, en cuanto a grados de calor, sus costas refrescadas por las brisas del mar ofrecen para una latitud como la de Copiapó a los 27°, una temperatura media anual de 16° a 17°, la misma de Buenos Aires a los 35° de latitud.

En el sentido de mar a cordillera, en las latitudes de Copiapó, las temperaturas corresponden al Desierto central con altura de 1,000 a 1,500, a 28°, mas a la cordillera a 15° i en ésta a 7°.

Debemos insistir en todo detalle así del suelo como de la atmósfera a fin de ayudarnos en llamar la aten-

cion i fundar nuestras aspiraciones en hechos a lo ménos de bastante interes i efectividad para ser admitidos i comentados hasta llegar así a propender i asegurar puntos de partida para la realizacion de algo práctico en el Desierto.

Los reguladores de las corrientes superficiales son caractéres geológicos mui estudiados en las tierras áridas de los Estados Unidos i consisten en grietas del suelo posteriormente rellenadas i por donde hoi se infiltran las humedades ayudando a nivelar o regular el caudal de las aguas de las vertientes. Pero no necesitamos repetir las teorías i hechos ya descritos sobre las condiciones hidrolójicas del Desierto sino recordar, a propósito de lluvias escepcionales i torrentosas, sus efectos negativos o perjudiciales sobre la alimentacion i aun existencia misma de las aguadas i vertientes, naturalmente debido al rápido i violento curso de la inundacion siempre de efectos desastrosos i destructores.

En estos casos, donde la existencia de las grietas reguladoras se presenta propicia i siendo siempre de naturaleza permeable i esponjosa el subsuelo del Desierto, resultan en su directo beneficio tales innundaciones. En Catania, al pié del Etna, el suelo cubierto de lava ha concluido por encerrar como subterráneas las aguas corrientes por la superficie, formándose con esto el llamado *acqua di nivello*, tipo de aguas freáticas i surjentes por entre las grietas de la lava.

No tanto, sin embargo, como las persistentes neblinas i rocíos: estas menudas lluvias, empapadoras de un terreno siempre dispuesto a su absorcion, son fecundísimas en el Desierto.

Hemos dilucidado tambien anteriormente la importancia i condiciones de los elementos en contrario al aprovechamiento directo de tales oríjenes meteóricos

del agua, tal como el mui poderoso de la evaporacion, cuya capacidad es tanto mas considerable cuanto ménos lluviosa es una localidad, o bien, tanto mas temible cuanto mas escasa i necesaria es el agua.

De la esperiencia i conocimientos jeneralmente admitidos, se distribuye mas o ménos por terceras partes el total del agua llovida en una localidad, dando $\frac{1}{3}$ a la que corre por la superficie como torrente o recojiéndose tranquilamente en los cauces de rios o arroyos, otro a la evaporacion i el tercero a la infiltracion; mas, estando a punto de dar término a este libro destinando especiales consideraciones a este respecto sobre las hoyas del Huasco, Copiapó i el Loa, dejaremos para estas oportunidades de práctica i de directa aplicacion lo concerniente a tales materias. Allá veremos cómo se modifican, para las respectivas condiciones físicas i geognósticas, aquellos datos jenerales.

B.—En busca de las aguas subterráneas

1.—*Primeros ensayos i resultados varios*

Como quiera i como se prefiera juzgar del valor i significacion de los recursos hidrolójicos del territorio de Atacama, hemos llegado a saber respecto de ellos lo bastante para llegar al caso de precisar, con los pocos i casi nulos elementos disponibles, lo concerniente a la manera de buscarlos i aprovecharlos.

Varios ensayos practicados, diversos resultados obtenidos i mui ilustrativos ejemplos de la esperiencia i conocimiento del dia pueden servir para ilustrar i contribuir al éxito de tan importante materia como la de buscar aguas subterráneas.

Entre los signos indicadores de tales aguas anterior-

mente esplicados, los de visible humedad i humilde vejetacion a su influencia desarrolladas, no son los guias descubridores de grandes venas acuosas en profundidad capaces de dar aguas de salto i ascendentes, sino por lo jeneral someras i de pequeño caudal.

Si algunos casos son mas felices, en cambio, falla la regla en el gran número de hechos probados, quedando los resultados reducidos al caudal visible en la superficie, susceptible de ser mejorado en calidad, i si debidamente cuidado, en cantidad tambien, de relativa importancia.

El valle de Copiapó ofrece un ejemplo notable i de útil enseñanza a este respecto, en la estension comprendida desde la Punta de Linderos, donde a las sequedades de mas arriba sucede una ancha zona de terrenos húmedos i vegosos, hasta cerca del mar. Por allí, en Ramadilla, se perforó un pozo artesiano, con tan mal éxito como falsas fueron las ideas sustentadas al emprenderlo para esperar de tales terrenos las condiciones favorables a la existencia de aguas surjentes bajo de presion hidrostática.

En todo ese valle los signos esteriores indican una profunda capa diluvial, i si pasada ésta hubiera terrenos terciarios, sea que éstos en sí mismos contuvieran capas de agua o que ésta corriera por debajo de ellos en el fondo de rocas cristalinas del terreno fundamental, ya no tendria relacion su existencia ni cosa por ver con las humedades de la formacion detrítica superior.

Si la sonda del pozo de Ramadilla se detuvo en la capa diluvial, si tocó o no terreno terciario i si dió fondo en el lecho cristalino, se ignora completamente, pues de seguro, procediendo en rutinario empirismo, no se tomó razon de ello ni quedó dato ilustrativo alguno, ni siquiera de la profundidad alcanzada, que

la tradicion hubiera podido recojer. Solo han sobrevivido como testigos mudos una cabria, algunas barras de hierro i restos de un barreno.

Las montañas encajonantes del valle por allí, constan de rocas no estratificadas cristalinas i su superficie está exenta de depósitos sedimentarios, salvo pequeños i aislados restos en algunos huecos i pliegues del terreno, quizá representantes de las orillas del antiguo golfo terciario, pero en ningun caso podrian éstos ser tomados en consideracion como elementos de indagacion en materia de aguas subterráneas.

Queda ya hecha mencion de los trabajos hidroscópicos verificados en aquellas mismas localidades del fértil valle copiapino, partiendo desde la referida Punta de Linderos, por el señor Gautherot. Una serie de pozos comunes abiertos en direccion media de la vaguada del rio a cada 50 a 100 metros comunicados o no entre sí para formar un canal subterráneo a la hondura de unos pocos metros a traves de la capa aluvial hasta dar con la formacion diluvial por donde corre una capa de agua: tal fué el trabajo hecho i cuyo costo para el dueño de la importante hacienda de Ramadilla, ascendió a 50,000 pesos oro. En uno i otro caso i sin saberlo han cavado pozos absorbentes, es decir, de quitar agua, en vez de darla.

Si con semejante trabajo se pensó recojer en ese canal las aguas de infiltracion absorbidas por el suelo de acarreo o supuestas filtraciones del rio, etc. no se sabe a punto fijo, resultando lo cierto solo en el hecho de llevar agua el terreno, sin duda, pero sin deducirse de ello ningun resultado útil i abandonándose la tal obra del hidróscopo como irremediable fracaso.

Este, así como el del pozo artesiano, fué, como siempre sucede en casos análogos, resultado de un

empirismo atrevido o de una mal adquirida práctica como único guia.

Nunca se repetirá lo bastante en trabajos de tal naturaleza el hacer preceder siempre estas obras de un estudio minucioso de la geologia de los terrenos en la comarca elejida para conseguir el alumbramiento de las aguas subterráneas, sin pretender atribuir con esto al injeniero un don de infalibilidad en la aplicacion de sus conocimientos geológicos i esperiencia ilustrada, sino simplemente recomendar su ausilio como el guia mas seguro, tal como hemos procurado ya establecerlo al citar los hechos comprobantes de la natural e inexorable sujecion del réjimen de las aguas interiores a los accidentes i disposicion estratigráfica del suelo, así como a su composicion geológica i componentes mineralógicos de las rocas que lo constituyen.

No es aqui la ocasion de indicar la manera cómo debió de haberse procedido en Ramadilla, porque los trabajos de la comision esploradora no podian contraerse a estudios locales de este carácter, por haber sido tan vasto el campo, tan jeneral el plan de materias señalado a sus labores i no haber tenido esta especial mision ni dispuesto del personal necesario ni de los recursos indispensables al efecto. Sin embargo, a la vista se revela en aquel valle el no existir entre Copiapó i el mar punto alguno revelador de aguas artesianas, i en todo él, al contrario, puntos donde indudablemente darán agua los pozos absorbentes i los comunes, no solo a uno sino quizá a diferentes niveles, desde la somera capa de formacion aluvial i en las sucesivas de la diluvial i la terciaria, dado el caso de la mui probable existencia de este terreno geológico en profundidad.

Segun esto, un pozo ordinario, en local bien elejido

o taladros de sonda o de cualquier sistema, continuando hasta el lecho de roca firme daria por completo la solucion del problema hidroscópico. I así como en el valle húmedo puede practicarse, con probabilidades de buen éxito, la misma operacion en los valles secos de Paipote, así como en las travesías, etc. sin detenerse ante la consideracion de la escasez de las lluvias, siendo ya sabido la no dependencia esclusiva de éstas entre las llovidas directamente sobre el suelo mismo, sino a las debidas a la infiltracion i demas causas conocidas.

El sistema mas elemental de pozos, piques o norias, consistente en cavar el terreno en forma de un prisma rectangular, es el único usado.

En todas partes, en la travesía del Huasco i Copiapó, en este mismo valle, en el llano de Ñanjarí i de Varas, en las salitreras de Taltal, en Aguas Blancas i otros puntos, los pozos escavados en la arena aluvial, cascajo o gravas, no requieren siempre ser profundizados hasta dar con el fondo mas impermeable, sucediendo a menudo la interposicion de capas porosas enteramente saturadas i productoras de agua a la manera de pozos absorbentes i a diferentes honduras aun en distancias mui próximas unas de otras por no ser uniforme el nivel de la capa acuosa, fenómeno debido, indudablemente, a la disposicion natural de las aguas freáticas, casi siempre sujetas a cierto paralelismo mui marcado con las ondulaciones del suelo.

Casos hai tambien, como ha acontecido sobre el llano de Ñanjarí, de buscar las aguas su nivel piezométrico, ascendiendo cierta altura, a veces de muchos metros para quedar allí fija o espuesta a alternativas dentro de ciertos límites, hecho tambien mui bien comprobado en el gran pique de la Buena Esperanza

donde el agua surjió a 220 metros, llegando hasta rebosar por la boca durante los primeros dias de su actividad.

Es tambien frecuente—i esto es mui notable en las pampas i cañadas procedentes del Chaco, Vaquillas i Sapos, todas converjentes a la vaguada comun de Taltal—que quizá por ser irregular la superficie interior de la capa impermeable diluvial i de haber sido esta, ademas, surcada por las antiguas corrientes productoras de los profundos cauces i huecos o sufrido el terreno dislocaciones posteriores, toda regla práctica i toda teoría sobre la disposicion interior de las capas acuosas, falta por completo o produce irregularidades difíciles de esplicar.

Métodos de estraccion del agua

Bien poco vale la pena de ser referido, siendo tan elemental el desarrollo del arte hidroscópico en los desiertos de Chile, respecto de los métodos i aparatos usados para aprovechar el agua de las vertientes naturales o la del subsuelo.

Al contrario, el precioso caudal de los manantiales o vertientes espontáneas, no suele ser objeto ni de los cuidados i miramientos debidos a sus grandes destinos i aun lo es, al contrario, de imprudentes o destructores tratamientos.

Conviene establecer la definicion de por «manantial» como referente a toda manifestacion o salida de agua al esterior, ya sea fria o termal, potable o mineral, en mucha o en pequeña cantidad, de curso perenne o intermitente, pues en todos los casos de este jénero de vertiente naturales, si el agua es útil o necesaria para cualquier objeto, el tratamiento mecánico o mé-

todo industrial para aprovecharla, le es indistintamente aplicable.

Lo conveniente ante todo, es no perder de vista el hecho constante de la aparicion del agua siempre acompañada de la presencia indispensable de capas o lechos de rocas impermeables en contacto con otros materiales geognósticos desagregados, porosos o permeables. I en cuanto a la conformacion interior o manera de distribucion de los elementos acuosos subterráneamente combinados o reunidos en una recojida comun para formar la vertiente, no debe olvidarse la circunstancia de su procedencia en puntos diferentes, a diversas alturas i en direcciones diversas aunque converjentes hácia el determinado lugar a donde surje el manantial.

No deben, por lo tanto, hacerse perforaciones, como tan a menudo suele practicarse, aguas arriba del punto de la vertiente, ni con el objeto de obtener por allí pozos de estraccion, ni para practicar zanjeos o galerías de comunicacion interior, lo cual fué precisamente lo practicado por Mr. Gautherot, ya varias veces nombrado, en Toledo con tan mal resultado e inútiles gastos por pretender aumentar las vertientes de Ramadilla.

Cosa parecida se practicó en los abundantes manantiales de la Aguada de Cachinal, comprometiendo imprudentemente la existencia de un tesoro de vida i recursos para una numerosa poblacion i para el mismo importantísimo establecimiento metalúrgico por amalgamacion, la «Beneficiadora de Cachinal», fundada en sus inmediaciones, a la cual hemos hecho ya anterior referencia.

Un pozo vertical de ochenta metros de profundidad, terminado en fondo impermeable, ha podido hacer inofensivamente el oficio de pozo absorbente para re

cojer i almacenar el agua, elevándola en seguida por una gruesa cañería para el gran consumo de las operaciones de beneficio por el procedimiento de amalgamacion; pero las estensas galerías desprendidas desde aquella escavacion para buscar la vertical de los púquios i vegas esteriores, así como otros piques ausiliares para cortar nuevos veneros acuosos, han podido hacer peligrar su caudal i comprometer para siempre aquel valiosísimo recurso en medio de la mayor desolacion i esterilidad del Desierto.

Por fortuna, no se ha abusado de aquel empírico sistema i cierta prevision ha hecho detener el mal todavía a tiempo para conjurarlo.

El minero chileno ha adquirido en el ejercicio de su arte de buscar veneros metalíferos cierta suma de esperiencia, de sagacidad i de prevision para asegurarse de las condiciones de existencia de los minerales en la naturaleza; determina el rumbo o direccion de su distribucion en filones i su inclinacion al horizonte; examina la constitucion de las rocas de encajantes, averigua su corrida o la línea de sus apariciones en la superficie para juzgar de su regularidad o sus accidentes, etc., etc.

Igual procedimiento debe observarse con la vertiente: la disposicion, inclinacion i rumbo de las capas permeables o impermeables donde encajan las venas de agua, su naturaleza geognóstica i composicion; la estension del álveo o cuenca donde tiene lugar la aparicion de las aguas; los detalles topográficos de la comarca i especialmente de las paredes que limitan el valle del manantial i espesor del terreno de acarreo. I esto, sin aburrirse por la prolijidad i fatiga de tales indagaciones, porque hasta la mas nimia apreciacion de apariencia entre ellas, puede

resolver un dato de primera importancia en la cuestion.

Así conocidos los caractéres esteriores, el hidrólogo puede entrar a preocuparse de las corrientes subterráneas libres, o sea de aquellas que no tienen sobre su superficie mas presion que la relativamente débil de la capa de formacion detrítica que la cubre, guiándose, para el descubrimiento de su réjimen interior por los mismos signos, como queda ya ántes esplicado, característicos de la distribucion de las aguas o sus cauces i vaguadas en la superficie esterior, pudiéndose casi siempre contar con el hecho de encontrarse en las honduras del lecho inferior, las corrientes líquidas correspondientes a las líneas de su demarcacion en el esterior.

En resúmen, la constitucion gelológica del suelo i su hidrografía esterna: hé ahí los dos elementos esenciales del problema hidroscópico. Pero no deben olvidarse las dificultades de la solucion al complicarse con las ya consideradas relaciones entre el réjimen correspondiente a unas i otras aguas, esteriores e interiores, siempre espuestas a apartarse mas i mas, sin dejar de ser semejantes, de un paralelismo absoluto.

Dado un punto, por ejemplo, como de ordinario se observa en el Desierto atacameño, donde la vaguada inferior da agua a los diez metros de profundidad vertical debajo del punto correspondiente en la vaguada esterior, esta diferencia vertifical puede ser doble, triple, etc., en otro punto próximo o lejano del primero.

Este hecho ya esplicado tambien anteriormente, se complica todavia con otro elemento, cual es la diferencia en la naturaleza del terreno o constitucion geognóstica de las rocas que se interponen en el tránsito, que, así como sean de acarreo, blandas o delez-

nables, pueden ser plutónicas, duras o resistentes. I con esto, i las jeneralidades ya espuestas, hai lo bastante para dejar demostrado i suficientemente recomendado el cuidado en la indagacion de las aguas interiores así como en la manera de aprovecharlas o esplotarlas cuando espontáneas salen a la superficie formando vertientes o manantiales, en cuyo caso debe ponerse toda atencion i esmero en la forma i jénero de trabajos o construciones destinadas a su mas completo i perenne aprovechamiento.

Haciendo entónces las escavaciones mas abajo del punto a donde surje el manantial, i si es posible donde concurran otras probabilidades de afluentes subterráneos procedentes de algunas quebradas laterales, se tendrá seguramente el mejor éxito, aunque con mayor gasto, pero tambien con la seguridad de no comprometer en nada la subsistencia del caudal íntegro de la vertiente. I esto es aun mas recomendable cuando a traves del valle se interponen los diques de dura roca i de otra naturaleza, como los llamados *saltos*, de tan frecuente ocurrencia en el Desierto de Atacama i tan a menudo señalados en estas pájinas.

En cuanto a vertientes no derivadas del fondo de las quebradas o vaguadas, como las ordinariamente existentes en las laderas o faldas de las montañas, el estudio de la topografía i de la estension superficial de los faldeos guiarán con bastante acierto en el modo de descubrir su oríjen i de sospechar su existencia subterránea cuando no se muestran visiblemente. Nada mas comun en la configuracion montañosa como los *descansos de cerro*, planicies o mesetas a media falda o en las crestas de los cordones de cerros, circunstancias todas del mayor interes para el hidrólogo al darse cuenta i apreciar, segun el grado de su desa-

rrollo, las condiciones meteorolójicas de la comarca sometida a su estudio i esperiencia profesional.

El ejemplo tan feliz como oportuno de las aguas dulces de Caracoles, al pié de la escarpada falda que baja de las mesetas del Quimal, es digno de observacion a este respecto.

Los terrenos calcáreos jurásicos, lias i a veces cretáceos que forman las paredes de los valles de Copiapó, Huasco i algunos del Desierto, como en los nacimientos del Salado, del Juncal i otros, ofrecen los casos característicos de las vegas, ciénagos i manantiales del jénero de los de Incahuasi, entre Juncal i Chaco, las de la Sierra de Los Sapos i Varas; o de aguas subterráneas como las de Urbina al pié del famoso Chañarcillo i cerro de Bandurrias, donde los barrancos de tofo i formaciones arcillosas cubiertas de detrítos calcáreos donde crece la alegre vejetacion de las añañucas i calandrinias, forman el mas apetecido signo hidrolójico de los cateadores de agua i de metales.

En todo caso, las escavaciones, una vez elejido el punto conveniente, vaguada abajo de la vertiente, deben hacerse al traves de la quebrada, verticalmente i hasta bastante profundidad para interceptar todo el caudal subterráneo, sin descuidar de tomar todas las precauciones convenientes contra las crecientes que inundarian los trabajos destruyéndolos i comprometiendo la existencia misma del manantial.

Mucha atencion debe ponerse tambien para resolver si conviene o perjudica la construccion de muros o diques de atajo, por cuanto es peligroso todo trabajo de escavacion capaz de alterar las condiciones naturales del terreno donde manan las aguas de la vertiente i por tanto quizá mas fácil secarla, abriéndole con tales obras conductos de escape imposibles de

volver a cerrar, en vez de conseguir el objeto de aumentar su caudal represándolas.

Ejemplos desgraciadísimos de tales perjuicios se ven con frecuencia por no observar aquellos elementales preceptos de la buena esperiencia enseñada por todos los hidrólogos de bien adquirida esperiencia i sabiduría.

Uno de los establecimientos mas importantes de la industria metalúrgica en el Desierto, tanto por la perfeccion de sus procedimientos e instalaciones mecánicas cuanto por la magnitud i beneficios producidos, fué la llamada máquina beneficiadora de Púquios, destinada al tratamiento por amalgamacion de los minerales del Chimbero, especialmente de la mina Buena Esperanza.

El llano de Varas i Ñanjarí, ya varias veces citado, desagua en un estrecho boquete o grieta a cuya entrada las aguas brotan en las condiciones mas comunes i características de las depresiones del suelo, formando barrancas i hondonadas en forma de circo o anfiteatro ántes de precipitarse por la garganta de su escape. Pues allí mismo, donde las aguas alumbran i donde los edificios i departamentos de elaboracion i preparaciones mecánicas han debido ser acumulados, estrangulándolos, la estrechez de la grieta abierta entre paredes casi verticales i altísimas, es donde se prefirió construir el establecimiento, sin preocuparse de estudiar si no habria estado infinitamente mejor en el punto de su desembocadura a la ancha quebrada de Paipote, en la estacion misma del ferrocarril i en condiciones de tenerlo todo fácil: el agua, el espacio i el acceso a todas partes. Puntos hermosísimos ofrece aquella angostura, estrecha en partes hasta no medir mas de dos metros de ancho, a donde haber construido diques i otras obras, cosa bien fácil de haber reali-

zado en condiciones de conveniencia i economía considerables, no tan solo para el objeto del aprovechamiento del agua sino para librar de sus inundaciones a las minas del tránsito.

Ha sido motivo de constante preocupacion en Copiapó lo de desecar la estensa vega insalubre i mefítica a cuyas orillas se levanta aquel pueblo capaz de haber podido disponer de tantos millones para ser uno de los mas hermosos e hijiénicos de la República. Gastos inconsultos en obras sin previo estudio de las condiciones geolójicas del subsuelo no han mejorado en nada las circunstancias naturales de aquel profundo charco palúdico ni para transformarlo en terreno de cultivo i recreo, ni para aprovechar el caudal de sus aguas. Un ensaye de drenaje, mal aplicado i peor aprovechado, fué emprendido empíricamente sin completar siquiera el estudio topográfico del terreno, i sin preocuparse de si por medio de simples pozos absorbentes u otros medios pudo haberse conseguido un resultado mas satisfactorio o quizá completo en el doble objeto de la salubridad i la adquisicion de valiosísimo terreno con mas el agua necesaria para su cultivo.

En el ensayo del Pretil, formando allí un alegre bosque i ameno recinto de solaz, ha dominado alguna idea útil, pero incompleta, i para peores males, abandonada en seguida.

Todo se ha reducido, en las localidades de aquella ciudad e inmediaciones, a los pozos de noria que alcanzan la capa de agua diluvial casi a flor de tierra en algunos puntos hasta la hondura, en otros, de unos pocos metros rara vez mas allá de diez. El sistema usado para elevar el agua es el de bombas movidas a mano o por aparatos de aspas, a vapor o de viento.

Nunca se encarecerá lo bastante la utilidad de estos

aparatos en el Desierto de Atacama; allí donde los vientos son constantes i la fuerza motriz a vapor imposible de adquirir, en muchos casos, a ningun precio.

En el catálogo jeneral de las aguadas i en otras diversas pájinas dejamos consignado lo referente a los resultados en la obra de buscar aguas de pozo en el Desierto, i si hubiera datos concretos para comparar, se probaria un exceso de casos felices, aun sin descartar aquellos cuyo mal éxito ha sido esclusivamente debido a falta de sagacidad o esperiencia en la eleccion de las localidades para perforar el terreno.

2.—*Clasificacion de las aguas subterráneas*

Admitiendo la clasificacion jeneral de los hidrólogos, las aguas subterráneas del Desierto i cordilleras de Atacama se encuentran perfectamente ajustadas a la misma.

La infiltracion es el fenómeno mas directamente ligado con esta existencia de aguas en el subsuelo i sobre lo cual no necesitamos insistir sino para recordar ciertos hechos.

Cuando las condiciones de absorcion del terreno son favorables, como por ejemplo, en Lóndres, donde las mareas del Támesis se reproducen en flujo i reflujo dentro de los pozos de noria, basta cavar el terreno poroso hasta llegar a una capa de arcilla donde la absorcion del agua se detenga, sin olvidar el hecho de no siempre coexistir la capa acuosa con el plano de contacto entre las dos formaciones geolójicas, haciéndose por lo tanto discontinua la corriente i dando esto lugar solo a algunas vertientes i a veces mui distanciadas al salir al sol.

Ademas de la porosidad, hai en el Desierto tambien las *condiciones higroscópicas* de las rocas como factor

favorable, por ser las arcillas, calizas i margas magnesianas de propiedades aptas para apoderarse del agua atmosférica i de la suministrada por las nieblas, escarchas i rocío.

I tambien es probable el grado de *penetracion* de las rocas, por cuanto en la estensa área ocupada por las formaciones calcáreas jurásicas, las grietas, fisuras i cavernas en ellas formadas ofrecen a las aguas paso franco i espedito a las profundidades del subsuelo.

Estas formaciones estratificadas forman i se reparten por el oriente contra las faldas de la cordillera Domeyko en prolongadas i en parte potentes masas de terreno del todo aptas para determinar importante i fundamental influencia en el réjimen hidrolójico interno.

Hemos insistido en señalar como causa determinante del réjimen de las aguas subterráneas *la constitucion geolójica del terreno*, i sobre esta base de la naturaleza misma habrá de fundarse todo problema i toda deduccion para emprender trabajos de alumbramiento o extraccion de las aguas inferiores para la subsistencia o para fines industriales.

El terreno superficial de los valles i llanuras consta, por lo jeneral, del llamado por los geólogos *cuaternario* (mas gramatical para el idioma español será *cuartario)*, subdividido en antiguo i moderno o respectivamente en *diluvial* i *aluvial.*

Los materiales del primero fueron acarreados por las aguas antiguas existentes en casi toda la superficie del globo i tiene su interes especial como testimonio de la existencia humana prehistórica, la del hombre primitivo habitante de las cavernas donde aun se conservan los restos de sus miserables utensilios domésticos o de conservacion i defensa.

Los materiales del segundo son los resultados mas

toscos i recientes de las inundaciones i acarreos modernos i contemporáneos.

Unos i otros depósitos, *diluviam* i *aluviam*, constan de detrítos sueltos i permeables, entre los cuales, si se interpone una capa arcillosa o de cualquier material impermeable, resulta con ella una interrupcion al curso vertical del agua i la consiguiente formacion de charcos, vegas o pantanos.

Tales son los terrenos propicios para el mas inmediato i fácil medio de obtener aguas subterráneas; acarreos antiguos o de aluviones modernos, esplotables por simples norias o pozos comunes i de los cuales resultan elevadas al sol las *aguas de pié*, siempre preciosas i de gran valor en el Desierto, pero escasas por su caudal i poco aptas, i aun en circunstancias especiales de perjuicio para desarrollar trabajos de esploracion i recojimiento de aguas por socavones, galerías i otros de carácter minero con fines hidrolójicos.

En estos casos es cuando se producen algunos ejemplos tan interesantes como en el de los *mantos de agua*, corrientes poco profundas o someras, cuyas semejanzas podemos señalar en Cachiyuyo de Oro, en el llano del Inca, en Mantos de Agua, de la travesía de Taltal i muchos otros.

Si debajo de la formacion del diluvium o aluviones de materiales finos i mas antiguos del cuaternario hai sucesion estratificada de oríjen terciario de mayor antigüedad, se presenta entónces el caso de otra clasificacion de las aguas subterráneas consistente en venas o capas mas profundas, con mas frecuencia alternadas entre varias interposiciones de capas impermeables i con esto mas abundantes i poderosas las corrientes acuosas.

En caso de interrumpida la estratificacion i cortado

al sol un manto de agua por alguna garganta o quebrada del terreno superficial, allí aparecerán vertientes cuya clasificacion no será difícil colocar entre las de pié o someras i las de mediana profundidad, a lo ménos ascendentes, si no artesianas, o sea el término medio entre éstas i las primeras.

En caso contrario, de no interrumpida la estratificacion i de no cortarse un manto acuífero, o continuando la estratificacion sin interrumpirse i mas bien deprimiéndose a medida de su alejamiento desde el centro o centros de levantamiento; que con esto resultan como oprimidas o forzadas bajo el peso de enorme serie de estratas sobrepuestas i así sigan en el fondo del valle profundo, coincidirá el *thalweg* o vaguada de ésta, la llanura o cuenca correspondiente, con su homóloga en la superficie.

Produciéndose una variacion de la inclinacion o buzamiento de las capas, se buscará en este mismo sentido el manto de agua, nunca en la vertiente opuesta, pero si el terreno se pone horizontal i es permeable, los manantiales se presentarán por las laderas de la montaña donde las capas impermeables se interrumpen, mas, si al contrario la superficie de la llanura horizontal es impermeable, las aguas encharcan en vegas o pantanos.

En cuanto a las estratificaciones cretácicas i jurásicas tendidas al pié de la ante cordillera o borde occidental de la antiplanicie atacameña, recostadas contra su vertiente, con sus cabezas al sol del dia dispuestas a dejarse infiltrar por todas las aguas en sus diversas formas meteóricas, inclinadas favorablemente para su escurrimiento subterráneo hácia el Pacífico o dispuestas por los accidentes geolójicos en cualquiera otra forma de yacimiento, no puede jamas abrigarse duda acerca de su importantísimo papel i poderosa partici-

pacion en el réjimen hidrológico subterráneo; sea por los volúmenes de agua en ellas almacenadas o las de corrientes que por ellas se distribuyen, su existencia no puede dejar de estar relacionada con fenómenos hidrometeóricos i sus resultados ocultos en las profundidades, al pié i base fundamental de la colosal masa de una serie de cordilleras escalonadas i por donde se distribuye el sistema hidrográfico interno correspondiente a las grandes hoyas i cuencas de la superficie.

Aquí nos encontramos de lleno con la clasificacion de las aguas artesianas, colocadas en las condiciones mas esenciales de su existencia, a lo ménos, si no de su mayor o menor probabilidad para ser aprovechadas dándole salida al sol.

Demasiado elemental i conocida es la teoría de los famosos pozos del antiguo Artois para detenernos aquí a desarrollarla en detalle: capa impermeable abajo, haciendo oficio de lecho o álveo i otra semejante encima para ejercer presion, quedando entre ámbas como forzada i oprimida la capa de agua.

De la comparacion de este caso con el del anterior, para las aguas meramente ascendentes, pero no artesianas, se desprende la simple razon del oríjen diluvial de aquellas i por lo tanto de sus no mui estables condiciones de rendimiento.

Atravesada esta zona diluvial por el taladro de una sonda i si los terrenos en su continuacion abajo son terciarios o si mas antiguos, sin accidentes perturbadores, no se prolongará la esploracion a mas de cien metros, pues hasta allí sufren las influencias atmosféricas con sus sequías i será necesario seguir a mayor hondura, aunque nó en busca del agua diluvial sino de la única posible en tales casos, la artesiana.

Vienen en seguida las estratificaciones correspon-

dientes al triásico i al pérmico, no mui favorables para infiltracion i conservacion de aguas i solamente representadas en el Desierto por rocas semejantes en cuanto a constitucion mineralógica. No constituyen clasificacion determinada con relacion a las aguas subterráneas.

De esperimentos directos verificados en algunas naciones resultan las siguientes proporciones en cuanto a poder absorbente de algunos terrenos:

En rocas triásicas	0.25
En rocas terciarias	0.50
En rocas cretácicas	0.70

En España, donde lo torrencial es lo característico, en las lluvias, los tres elementos principales de distribucion de las aguas meteóricas se reparten como sigue:

Evaporada: en terreno pendiente i poco permeable	40 °/o	
» poca pendiente i permeable		45 °/o
Torrencial: en terreno pendiente i poco permeable	50	
» poca pendiente i permeable		35
Infiltrada: en terreno pendiente i poco permeable	10	
» poca pendiente i permeable		20
	100 °/o	100 °/o

En muchos ejemplos, i con seguridad en Atacama, la infiltracion es mucho mayor no ménos de 30 por ciento.

Siguiendo en profundidad con las series de las formaciones geológicas vienen ahora los terrenos cristalinos, con sus pizarras, areniscas, esquistos, etc., algunas veces en forma de estratificacion pero siempre demasiado inclinadas, replegadas i agrietadas para conducir en forma irregular i caprichosa las aguas de infiltracion.

De estos terrenos constan en gran parte los cerros de la rejion costanera del Desierto de Atacama, internándose hasta unos pocos kilómetros, para dar lugar a las dioritas, etc.; sus aguadas son someras i escasas.

Mas desfavorables aun por su capacidad infiltrante son los terrenos de cristalizacion primitivos, plutónicos, metamórficos, etc., sin dejar de tener en cuenta la higroscopicidad de las rocas graníticas descompuestas en la superficie empapándose de agua en las condiciones ya ántes esplicadas.

A veces no hai relacion entre la composicion química de las aguas minerales i los materiales de las rocas por donde circulan, consistentes en sustancias ácidas, térreas i salinas, como las de los terrenos primordiales, lo cual es indicio del orijen ajeno i distante de su procedencia con relacion a tales terrenos.

Mas, respecto de los terrenos de sedimento superiores a aquéllos, las aguas circulantes en ellos contienen sales térreas i minerales como carbonatos i sulfatos de cal, óxidos de hierro, etc., etc., cuyos componentes residen en dichas rocas estratificadas superiores.

Tenemos entónces, para el caso de terrenos en tésis jeneral llamados primordiales, la clasificacion de aguas subterráneas netamente minerales, termales, con gases, sílice abundante, etc., etc.

Por último, tambien resulta otra clasificacion de aguas subterráneas correspondiente a los terrenos volcánicos, de tan variadas formas i estructura i de tan vasto dominio en los territorios atacameños, i como de tales procedencias, geyserianas o volcánicas, quedan, como las de oríjen primordial, en la categoría de aguas minerales i termales, las prescindiremos para nuestro actual objeto de clasificacion de las aguas subterráneas aprovechables i útiles para la vida i las industrias.

Esto no reza, naturalmente, con los terrenos de composicion volcánica dispuestos en forma estratificada, a veces de perfecta estratificacion o en estensas capas porosas, de formacion detrítica, etc., del todo aptas para la infiltracion de las aguas meteóricas.

Como conclusion i resúmen nos resulta un triple oríjen para derivar la procedencia de las aguas subterráneas útiles i necesarias de alumbrar a la superficie, a saber:

1.° En terrenos cuaternarios de acarreo, antiguos o diluviales, modernos o aluviales, *con mantos de agua* o *de pié*, muerta o con cierto movimiento, susceptibles de poderosa importancia. Son la causa de nuestras alegres vegas i cultivos.

2.° En terrenos estratificados, terciarios i cretácicos i todo el período secundario. Aquí reside la causa de las grandes i profundas acumulaciones de agua subterránea, capaz de surjir como ascendente o artesiana. Tambien incluye los terrenos volcánicos estratificados.

3.° En rocas graníticas o porfídicas, en ciertas condiciones aprovechables como fuentes de agua subterránea.

Resultan: las aguas de pié, tambien llamadas colgadas o ascendentes, porque cuando obligadas por la presion de un tubo no dan por lo jeneral salto, sino un movimiento ascencional de bastante impulsion para llegar asomar a la superficie. Son las adaptables al medio de elevacion por pozos tubulares, instantáneos o abisinios.

Entre estas diferencias de aguas caben todavía las de «corriente libre», esparcidas sobre una capa impermeable i otra permeable, de la cual en tiempos lluviosos recibe agua, pero sin ejercer presion sobre el manto acuoso.

«Corrientes», «estancadas» i de «corriente libre», corresponde a una clasificacion tambien en relacion con las influencias atmosféricas, i así, quedan las primeras entre las mas directamente espuestas a sequías i periodicidades, variaciones de caudal i hasta completo agotamiento; las otras dos, procedentes de la formacion diluvial, están mucho ménos espuestas a tales continjencias.

Tambien participan de este carácter los manantiales de los terrenos en masa, graníticos i porfídicos, porque las aguas corrientes no pueden penetrar en ellos sino dentro de la esfera de descomposicion de estas rocas.

Por último, las «aguas artesianas».

Las primeras, lo repetimos aun, son aguadas de gran recurso del Desierto, por sus servicios directos e inmediatos; nacen en terreno impermeable, son de débil rendimiento i pueden agotarse fácilmente, porque no son sino como desagüe natural del terreno, salvo cuando este terreno impermeable se deja atravesar por manantiales de aguas termales salidas a la superficie por fallas, quiebras u otros accidentes resultantes de acciones geolójicas.

Estas aguadas no obedecen a lei alguna para manar su contenido i producirse: se dan en las laderas así como en las cumbres, siempre debidas al acaso.

Las segundas, o nacidas de una capa impermeable i otra permeable sobrepuesta, afloran por el flanco o por el fondo de los valles; o no afloran, i se producirán en profundidades variables; esteriormente se carácterizan por los terrenos de naturaleza árida i temperamento seco. Constituyen el recurso mas útil i eficaz del Desierto de Atacama, dando lugar a los pozos productores de toda el agua para la industria salitrera.

Las terceras, pudiendo derivar su oríjen de una capa

permeable, pueden sufrir la interposicion de otras o verse envueltas en las condiciones de presion hidrostática favorables a los pozos artesianos. Estas suelen ser profundísimas i en proporcion poderosas de caudal; pueden descender en condiciones normales desde las cabezas de las estratificaciones contra la ante-cordillera atacameña i conducir grandes torrentes subterráneos cuyos desagües o surjideros se produzcan mas allá de las playas del Pacífico en algunos puntos penetrando largas i profundas distancias debajo del océano.

¡Hé aquí una serie de hermosas i fecundas materias de estudio e investigacion práctica reservadas a los geólogos de Gobierno!

C.—MÉTODOS DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS

1. *Pozos ordinarios o comunes; norias, galerías o socavones, zanjas; tranques i represas, etc. Pozos tubulares.*

Ante las demostraciones esteriores de humedad por cualquiera de los signos indicadores de la existencia de aguas subterráneas, la primera idea aceptada es la de escavacion de un pozo o noria hasta dar en hondura con el nivel da una capa líquida, rebanando verticalmente el terreno.

Si se presenta un manantial, donde la práctica acusa siempre una circulacion sobre terreno impermeable no siempre en disposicion horizontal, continua i única, pues a veces el fenómeno hidrolójico resulta de la confluencia o reunion de varios elementos componentes como cauces, venas o pequeños hilos de agua esparcidos a la manera de ramificaciones de un árbol, entónces se practican galerías o socavones de minas.

Una i otra manera de esploracion i medio de estraccion o aprovechamiento tan elementales i sencillos como son, necesitan su especial criterio práctico mui bien adquirido i el previó estudio siempre indispensable del terreno donde se invierta el dinero i se busca el apetecido bien de un poco de agua.

En mui frecuentes ocasiones las señales de humedad esterior acusan agua mui somera, inmediata, pero en otras ésta puede corresponder a honduras profundas i por lo jeneral tambien tan escasa en caudal como para no merecer el gasto requerido.

Cuestion, sin embargo, de mui relativa consideracion en el Desierto de Atacama, a donde, en ciertos casos, la gota de agua valdrá la pena de obtenerla a todo evento i contra todo sacrificio.

Razon de mas para proceder con conocimiento i esperiencia a fin de no esponerse a malograr un trabajo i destruir para siempre un bien de tal importancia como una vertiente en el Desierto.

Un error en el punto de arranque de una galería emprendida con el objeto de esplorar i recojer mayor caudal para una fuente en actividad, o una desviacion de la direccion conveniente pudiendo cortar i aislar entre sí o con el cauce comun el sistema de venas i corrientes auríferas en el interior, puede producir la completa desaparicion de un manantial sin probabilidad de volver a reconstruir la obra de la naturaleza para volver a recuperar el bien imprudentemente perdido.

En todo valle o cuenca favorablemente dispuesta existe, ademas de la corriente anterior, una interior, aparente u oculta, aquélla sobre su lecho impermeable i ésta sobre otro análogo, pero al mismo tiempo llevando por techo o cielo la masa de terreno suelto i permeable lo bastante para no oprimirla sino con

escasísima presion o cuando mas mui poca, dejando así esta circunstancia libre el agua circulante en ella i por lo cual recibe el nombre de «corriente libre.»

Dentro de estas condiciones: humedades en las superficie, vertientes someras o aguas de corriente libre, estamos siempre en el período geolójico cuaternario, aluvial o diluvial, moderno o antiguo, i al mismo tiempo dentro de las condiciones determinantes del sistema de aprovechamiento i estraccion del agua adecuado a su profundidad i manera de existencia, caudal, etc., etc.

A tales circunstancias se adaptan los pozos comunes, norias, socavones o galerías, obras realizables a poco costo i estensibles a cortas distancias, pues si hubieran de continuarse los pozos a grandes honduras, entónces seria el caso de apelar a otros procedimientos de perforacion mecánica i estraccion mas en armonía con los adelantos modernos.

Los pozos de noria tienen, ademas de suministrar directamente su caudal, oficio de recolectores, escavando varios segun un principio razonado para comunicarlos interiormente entre sí i formar drenajes subterráneos susceptibles a veces de tan buenos resultados como los de ejemplos ya ántes citados en este libro.

El recurso de las zanjas debe hacerse con mucho cuidado, prefiriendo el sentido transversal a la direccion de las corrientes i verticalmente hasta llegar al fondo, mas abajo del nivel acuoso i donde no brote el líquido de abajo arriba.

Segun una prudente anchura del valle, quebrada o garganta donde se opere, es preferible dar a la zanja bastante estension para atravesarla en todo su ancho, de una ladera a la otra sin penetrar en ellas.

No deben levantarse muros, diques o malecones

en el fondo de la zanja ni en la desembocadura del manantial para no elevar el nivel de las aguas dando lugar a un posible escurrimiento de éstas por conductos imprevistos i sin futura vuelta a su antiguo encauzamiento.

El gran fin e ideal, en definitiva, para los intereses del Desierto de Atacama en esta especialidad hidrolójica, consistiria en realizar, dentro del mas breve tiempo i con el menor gasto indispensable, no tan solo el aprovechamiento de las aguas existentes sino su conservacion, multiplicacion i aumento, por medio de una posible detencion e infiltracion de los meteoros acuosos en el terreno.

Si no en la escala de los paises adelantados en desarrollo industrial i aun sin incluir a los Estados Unidos de Norte América con sus colosales recursos i portentosa iniciativa en materia de construcciones i empresas de fomento, a lo ménos, en pequeño i poco a poco, con los recursos del Estado, no seria aspirar a lo imposible pretender la formacion i realizacion de un plan de obras adecuado para mejorar el réjimen hidrolójico del Desierto, especialmente en los ramos siguientes:

1.° Desecar vegas i pantanos.

2.° Escavar pozos, galerías subterráneas, cisternas o represas, cubiertas o al aire libre, etc, etc.

3.° Represas, tranques o embalses en seco en algunas alturas; en los oríjenes de quebradas, nacimientos de humedades, donde a cada lluvia se almacenaria agua para conservarla como reguladora, sin formar pantano ni dejarla escurrirse por la superficie con la violencia del torrente que la agota i malogra, ni con la lentitud para entregarla de lleno a la voracidad de la evaporacion.

4.° En lugares análogos de nacimientos hidrográfi-

cos i otras circunstancias favorables, formar cultivos de sombra, abrigo i condensacion de humedades plantando matorrales, con cortaderas, higuerillas i demas plantas hidrófilas i aptas para el clima i terreno disponible.

5.° Repoblar de árboles i arbustos aquellos lugares donde abren las fuentes o manantiales naturales, los pozos industriales i aguadas de cualquier natuialeza.

6.° Los antros i cavernas naturales, si los hubiera, i aun el vacío dejado en el interior terrestre por las antiguas minas abandonadas, ya sin probabilidades de restauracion de sus trabajos de esplotacion, pueden servir como depósito de almacenar aguas sobrantes en bastante enormes cantidades para su oportuna distribucion.

La construccion de represas, de cámaras i galerías subterráneas en alguna escala de importancia para favorecer el aumento de algunas vertientes naturales, no es tampoco, como pudiera creerse, mera ilusion ni mas o ménos fantástico proyecto irrealizable, porque tales obras las ha emprendido en el Desierto de Atacama el capital industrial privado.

La empresa del ferrocarril de Taltal, las oficinas salitreras de la Lautaro, la antigua máquina beneficiadora de amalgamacion en la aguada de Cachinal, la mina Arturo Prat, el intelijente i activo industrial don Enrique Hintze, dueño del establecimiento Mercedes, en el Guanaco, han sido otros tantos buscadores de agua, hidrólogos poseidos de bastantes conocimientos i espíritu de progreso para aprovecharse de los dones de la naturaleza dentro de los escasos o mezquinos límites de su munificencia en nuestros páramos i cordilleras.

Así, al pié de toda la vertiente occidental de la cordillera Domeyko, desde el Chaco a Vaquillas,

Sapos, Punta del Viento, Alto de Varas, etc., una red de cañerías de fierro conductoras de aguas superficiales o subterráneas de estanques abiertos al sol o socavados dentro de la montaña, con verdadero arte i eficacia productora de aumento en el caudal de las aguas, ha servido para emprender i radicar los negocios salitreros i de minas en toda esa rica i reproductiva seccion de Atacama.

Como ejemplo, podemos formar un pequeño cuadro con un grupo de aguadas así artificialmente puestas al servicio particular i público por el simple capital privado i sin ningun ausilio ni cooperacion alguna debida a los poderes públicos del Estado.

Aguadas de la Cordillera de Varas i Sapos

Cañerías para su aprovechamiento i volúmen de agua rendido segun datos de don Enrique Hintze)

	Volúmen de agua en pulgadas.
Cañerías de Sandon i Sapos	4.
Pastos Largos	4.
Varitas i Mulas	3.5
Vega de Chascon	1.5
Punta del Viento	2.
Vega Quemada	1.
Chépica	1.5
Vizcachas	1.5
Profeta	2.
Parinas	1.5
Varas	3.
Total de pulgadas de agua	25."½

Así como en un pequeño trecho de nuestra prolongada cordillera, apénas con pequeñas obras hidráuli-

cas i en lo jeneral sin aprovechar sino del rendimiento natural de las vertientes, se reunen, pulgada por pulgada, hasta un volúmen total de veinticinco. ¡Júzguese de si este solo recurso, desarrollado en toda su capacidad, desde el uno al otro confin del Desierto, daria útiles o poderosos medios de aplicacion a las industrias!

El ferrocarril lonjitudinal a Tarapacá recibiria donde quiera, en su constante i largo trayecto el socorro de alguna o algunas de estas pulgadas de agua para su servicio, i sin embargo ha sido la supuesta falta de agua una de las objeciones con mayor desplante formuladas para retardar e impedir los estudios i construccion de esa grande obra de patriotismo, progreso i seguridad nacional.

La iluminacion de nuestra primera clasificacion de aguas corrientes o de aluviones antiguos o modernos, someras hasta cierto punto i mas o ménos fáciles de estraer, queda así, limitada a la escavacion de pozos comunes, o mejor, segun los casos, a la perforacion de galerías o socavones, drenaje esterior o interior, construccion de zanjas, tranques i colocacion de tuberías o caños, ya sean de hierro, de plomo, de barro, etc., etc., i en jeneral, todo medio de contener i condensar el continjente de los meteoros acuosos procurando la infiltracion de sus aguas en el terreno.

Para esta especialidad de los recursos hidrolójicos del Desierto es todavia mas eficaz la aplicacion del arbolado o plantío de simples matorrales, porque, si para la retencion de las lluvias se hace algunas objeciones a este medio, no caben las mismas para las nieblas, rocio i escarcha cuyo rendimiento acuoso, suprimida la evaporacion por la sombra i por el atajo de las plantas al viento voraz de agua, se trasmitiria íntegro al terreno.

Los medios de elevacion de las aguas, cuando no surjen naturalmente por gravitacion, deben tambien reducirse a sistemas tan elementales como los indicados, a la aplicacion de los molinos de viento, máquinas cuya conservacion i servicio se reduzca al gasto de un poco de grasa i cuyo costo de construccion es pequeño i su trasporte fácil i económico.

Ademas, aquí cabe tambien la aplicacion de un mas adelantado, espedito i económico medio de elevacion i esploracion de aguas subterráneas, usando los tubos Norton, del nombre de su glorioso inventor, llamados tambien instantáneos o abisinios, i los cuales ¡asombra decirlo! son totalmente prescindidos i desconocidos como instrumentos hidroscópicos en el Desierto de Atacama.

Se trata de los simples tubos de sondeo somero consistentes en uno o mas trozos destinados a penetrar en el terreno formando un solo conducto i para quedarse permanentes en él, formando como las paredes de un pozo de pequeño diámetro, si ha resultado agua, o trasportándolos a otros puntos para hacerlos servir hasta donde puedan ser aprovechados.

Son instantáneos, en efecto, porque en el acto suministran sus efectos i se llaman tambien abisinios por haber sido primeramente aplicados en la Abisinia africana, pais de tan análogas condiciones físicas a Atacama, cálido i seco de toda humedad i a donde tambien la gota de agua de los Norton fué la salvacion del ejército espedicionario inglés.

No se prestan para mucha profundidad i solo en terrenos de acarreo i su límite de aplicacion está precisamente allí donde residen las condiciones de nuestra primera clasificacion de aguas subterráneas, ántes de penetrar en las de estratificaciones mas profundas donde ya caben los pozos ascendentes.

El pozo Norton viene a ser a la simple caña de bambú de las primitivas civilizaciones del Asia, hoi representada por un tubo de hierro o de acero de una pulgada o pulgada i media de diámetro terminada en punta i agujereada hasta cierta altura para dar paso al agua.

El aparato se introduce por percusion, dando golpes sobre la cabeza i usando de un trípode u otros medios para entrabarlo con facilidad, enchapando unos tubos en otros a medida de avanzar i aplicando una pequeña bomba de estraccion a mano para elevar el agua si ésta no asciende espontáneamente.

Por lo demas, nos quedamos aquí con el uso i aprovechamiento de las aguas de pié, estancadas o de corriente libre, dejando para otra ocasion el gran recurso de las aguas corrientes superficiales, arroyos, rios o riachuelos cuyo dominio está en las rejiones cordilleranas, en las altiplanicies atacameñas, donde iremos a buscarlas para referirnos tambien a la necesidad de su atenta i bien merecida consideracion.

2.—*Pozos ascendentes*

Se confundiria este sistema de pozos con los propiamente artesianos, verdaderos ascendentes en el propio sentido de su título, si no se reservara para estos el mérito de su oríjen en grandes profundidades i en condiciones de caudal, presion i permanencia jamas alcanzados en otras circunstancias.

No se clasificarian como tipos de artesianos los famosos de Sahara en el Oued Ryr i otros puntos i lo mismo diremos para los nuestros del Desierto de Atacama, aun cuando éstos, en su naturaleza intermedia de mas o ménos ascendentes, como todos los de la

rejion salitrera, Varas, etc., mas se acercan a tubulares o comunes que a artesianos.

Carecen, sobre todo, de la impetuosa fuerza de estos últimos i de la constancia de presion, potencia productora i permanente estabilidad de su existencia.

En ocasiones varias hemos tenido oportunidad de citar algunos de nuestros mas notables ascendentes, como el Pique de Buena Esperanza, a los 220 metros de hondura i célebre por sus movimientos de nivel a veces elevados hasta rozar la superficie esterior hasta su boca i aun sobrepasarla en cierta apreciable altura.

Este interesante ejemplo, como otros, pertenece al de aquellos análogos, mas bien por su oríjen, a la clasificacion de las aguas diluviales, por no salir en toda su profundidad de este antiguo terreno de acarreo i aun cuando no penetra en terrenos mas inferiores, terciarios, cretácicos o de mayor ascendencia en hondura o escala geográfica para llegar al caso del problema artesiano en toda su especialidad.

El costo de perforacion i gasto de aparatos, utensilios i máquinas de sondeo, es otro carácter distintivo de los pozos ascendentes, pues miéntras estos no salen del terreno de acarreo no necesitan de tales gastos para penetrar hasta los cien i mas metros requeridos hasta dar algun resultado.

Se ha conservado para los pozos ascendentes de la rejion salitrera de Atacama i Tarapacá, así como para todos los del Desierto la forma prismática rectangular, con sus cuatro ángulos verticales i de dimensiones variables segun los destinos i el capital disponible del empresario.

Por toda máquina de estraccion en torno, una polea i valdes de fierro; como fuerza motriz el hombre o un caballo.

Solo en las oficinas salitreras bien montadas se apli-

ca el motor a vapor con toda la potencia i perfeccion requeridas para el mayor rendimiento i economía posibles.

En tales condiciones, no es estraño que el agua así obtenida, a honduras de 10, 30 o 100 metros, resulte recargada con un gasto de uno a tres pesos por tonelada métrica o metro cúbico de agua, no mucho ciertamente, si se equiparan las unidades de líquido gastado por salitre elaborado, una contra una, o sea, como lo da la práctica mas jeneral, una tonelada de agua para una tônelada de salitre elaborado.

En cuanto a caudal, los hai, como algunos jenerosos ejemplos de las pampas de Taltal i Santa Luisa, como el famoso pique Jermania, de excelente calidad de agua i al parecer inestinguible, el Pique 8, el Alianza, con dos capas auríferas a 45 i 66 metros respectivamente i capaz de un rendimiento igual o superior a 50 metros cúbicos i aun hasta 100, segun los medios de estraccion establecidos.

Refiriéndonos a pájinas anteriores, al catálogo jeneral de las aguadas i otras materias de hidrología e hidroscopía ya dilucidadas en diversos ejemplos característicos, nos abstenemos de repetirlas aquí.

3.—*Pozos artesianos*

Todo el mundo está en conocimiento del principio fundamental i de lo que es un *pozo artesiano,* a saber: *un taladro de mas o ménos profundidad por donde se escapa el agua subterránea contenida en una capa de terreno permeable comprimida entre dos capas de terreno impermeable.*

En cuanto al orijen del agua así aprisionada debe proceder de la mas larga distancia o carrera posible i a bastante altura sobre el nivel del punto a donde la

penetre el taladro i tambien sobre la boca de éste, a fin de producir la suficiente presion capaz de impulsarla de abajo arriba hasta la superficie.

Sin embargo, rara vez se presenta en la práctica del importante arte de alumbrar aguas, la verificacion del sencillo principio de la teoría hidrostática, i ántes al contrario, presentándose el caso con sus elementos de solucion, suele desaparecer el problema físico sujeto a sus propias leyes para transformase en cuestion de carácter geológico, complicada con los accidentes casi siempre indefinibles de las dislocaciones interiores de la corteza terrestre.

En los Estados Unidos de Norte América, fuente de inspiracion, de estudio, de ejemplo para todo lo útil i práctico, los pozos artesianos i los taladros en busca de aceites minerales, de carbon i de todo, han hecho camino recto i fundado esperiencia, construyéndose i formulándose en proyectos de constante i porfiado ejercicio donde alguna probabilidad favorable aconseja el gasto de la prueba.

El geológo Mr. Chamberlin, una de esas especialidades asombrosas de la escuela científica yankee por la profundidad de investigacion i acumulacion de observaciones tan sabias como discretas, ha abordado con un hermoso libro esta difícil materia recomendándola eficazmente a la proteccion de los gobiernos i al celo i consagracion de los injenieros i geólogos para quiénes ese arte es una especialidad. Por lo ménos, hai razon de confiar así en el éxito feliz de mucho mayor número de casos, habiéndose visto realizados con gran fortuna en muchos ejemplos debidos al solo descubrimiento de los elementos estratigráficos del suelo, i con solo el ausilio de la bien dirijida observacion de las revelaciones geológicas esteriores, los mas seguros resultados.

Mr. Chamberlin no cree poder dar instrucciones precisas para la práctica profesional del arte i estima como base de toda conclusion sobre pozos artesianos, el estudio especial de cada caso presentado, reservando las leyes jenerales para aplicarlas solo en los ejemplos estremos, sea cuando los signos se presenten en todo sentido favorables, sea cuando, al contrario, concurran en sentido negativo.

Si no interpretamos bien las conclusiones desprendidas del estudio del distinguido geólogo, ello podrá inferirse a lo ménos en tésis jeneral de la esposicion fiel cuya condensacion vamos a hacer, aunque con el grave inconveniente de no poder ilustrarla con las figuras esplicativas necesarias i de ser demasiado breve.

Principia el autor por algunas reflexiones acerca de cierta impresion moral i ciertos efectos de vision con que se reviste el espectáculo de un pozo artesiano o de una fuente natural, i la impresion que dejan en el espíritu los dibujos de los libros donde se exajeran desmesuradamente las proporciones de su naturaleza para dar una esplicacion mas clara del hecho.

No hai conveniencia en dejarse llevar por tales apariencias i figúrese que en una vasta planicie donde no se ven montañas, pero donde a la distancia se produce una diferencia de nivel imperceptible a la vista pero apreciable ante las proporciones geométricas, se verifican o puédense verificar las condiciones favorables para un pozo artesiano.

Así, por ejemplo, en los pozos artesianos cuyas fuentes están en las llanuras de Wisconsin i sus orificios de escape en Chicago, no se comprenderia cómo se produce el fenómeno, juzgándolo a la simple vista.

La primera condicion, despues de la indispensable de la existencia de aguas meteóricas, bajo cualquiera

forma, es la de una superficie bastante estensa de la capa conductora permeable, para permitirle recojer el caudal suficiente i mantenerla constantemente húmeda en el grado necesario.

En seguida, debe venir el estudio de las condiciones de permeabilidad de la capa acuosa, segun sea la roca en sí misma impermeable o permita el escurrimiento de las aguas en su interior al traves de sus grietas, quebraduras, huecos o cavernas, como las rocas de los terrenos calcáreos; o que sea naturalmente permeable en razon de su estructura porosa, como ciertas calizas granudas, ciertas areniscas no arcillosas, etc. A este respecto, hai una consideracion especial referente a la mas o ménos consolidacion de la roca, de naturaleza porosa en sí misma, pero susceptible de haber sufrido modificacion, segun las condiciones geológicas de su existencia. Hai terrenos de acarreo, arenas i otras rocas blandas e inconsistentes capaces en ciertas circunstancias de endurecerse pasando a especies de cuarcitas u otro estado de estructura compacta, debiéndose tambien a la edad geológica la circunstancia de ser las arenas cuaternarias mas permeables que las terciarias i éstas mas que las secundarias i así en seguida, sin embargo de tener esto tambien sus escepciones, como las areniscas cambrianas del Pots dam, características en algunas partes de los Estados Unidos por ser tan conductoras del agua como las esponjas.

Mucha importancia tiene, por lo tanto, el estudio cuidadoso de las rocas con relacion a su capacidad para absorber i dejar pasar el agua.

De importancia es tambien el considerar la relativa impermeabilidad de las capas entre las cuales fluye el agua, tanto respecto de la correspondiente al servicio de lecho como de la sobrepuesta al cielo i que la oprime

con su peso. Una grieta o porosidad en esta última puede disminuir o suprimir la presion, dejando escapar el agua hácia arriba o impidiendo su curso en el sentido de su direccion. Este punto, sin embargo, obedece a muchas condiciones mui especiales donde influye la naturaleza de la roca así como tambien el grado de presion, el espesor del terreno, las aguas superiores del subsuelo, etc.

La capa impermeable del lecho, aun cuando esta conste de las arcillas mas impenetrables, siempre debe suponerse dispuesta a ofrecer filtraciones, por cuanto no hai, puede decirse, en sentido absoluto, roca enteramente impermeable, sea porque siempre sufrirá trisaduras en su masa, sea porque siempre habrá cierto grado de porosidad bastante para dejarse penetrar por el agua.

Sin embargo, es siempre de ménos cuidado el caso de la capa inferior, en cuanto a perturbaciones en la corriente líquida, pues estas son mas propias de la superior. Si aquella se rompe o se desvanece en cierto punto de su curso subterráneo, siempre puede haber otra estrata inferior dispuesta a impedir el total escurrimiento del agua en otro sentido.

En cuanto a la inclinacion de la estrata acuosa, le basta con ser la indispensable para producir nivel en su descenso, sin preocuparse mucho de si por su estremo opuesto se levanta para formar la concavidad de todo fondo de cuenca, pues siempre habrá un obstáculo para impedir el escurrimiento del agua por ese lado. Esto sucede ya porque la capa conductora se hace por sí misma impermeable, hecho siempre posible con las areniscas, sobre todo cuando en su curso llegan a niveles inferiores debajo del mar, o sea por varias otras causas.

Tambien, para mayor seguridad a este respecto, aun

cuando se produzca un punto de escape a la superficie en un nivel inferior al del punto donde penetre el taladro artesiano, siempre ascenderá el agua por este último.

A este respecto Mr. Chamberlin encuentra razones geolójicas propias de su alto criterio de observador.

Las estratas compuestas de arenisca, dice, son por lo jeneral, resultado de la accion de las olas del mar o de los lagos sobre las rocas de sus orillas: la parte superior de ellas, es decir la cabeza de la estrata de arenisca formada en dichas orillas es mas gruesa en sus elementos constitutivos, mas tosca i porosa, mas incoherente i mas permeable, miéntras al contrario, en su continuidad mar afuera, en el fondo de las aguas, los materiales del sedimento son mas finos, mas densos, haciéndose mas compacta la roca, mas dura, mas impenetrable i a la vez tambien mas delgada la estrata resultante.

Despues, sobrevenido el levantamiento o emersion del terreno desde el fondo del mar, la cabeza de la estrata queda siempre mas alta que los pies, i por allí se verifica el escurrimiento de las aguas esteriores hácia el interior, en razon de su porosidad i estension, pero tan pronto como la corriente líquida va penetrando en la rejion densa i ménos permeable i tambien impermeable del estremo opuesto, el agua dejará de correr por ella.

En este caso pues, si existe algun alumbramiento de agua espontáneo en estas últimas condiciones, en un punto inferior al del taladro artesiano, como dejamos establecido arriba, el agua surjirá por este último, en razon de ser la altura que la columna líquida debe ascender, neutralizada con la resistencia opuesta en el nivel inferior a su espontáneo escurrimiento al traves de una roca compacta o poco permeable. Esto

está probado, en Estado Unidos, con muchos ejemplos.

Naturalmente, como se comprende, el geólogo o el injeniero deberán hacerse cargo de los diversos elementos concurrentes en el problema, tal como las distancias, la relativa porosidad de las rocas, las diferencias de nivel, la náturaleza de las estratas donde se encajona la vena acuosa, la topografía de la comarca circunvecina, etc.; todo lo cual esplica bien claro cuánta es la especialidad del estudio i hasta dónde va el grado de atencion, cuidado i circunspeccion requerido en las investigaciones geológicas de la cuestion.

Las reglas jenerales, por lo tanto, serian peligrosas e inaplicables entre una localidad a otra, como en las esploraciones mineras.

Con motivo de las condiciones respecto de lá cabeza de la capa acuosa, o sea su esposicion a la superficie donde debe recibir, como un estanque surtidor, las aguas alimentadoras de los pozos artesianos, hai preocupaciones subsistentes mui arraigadas en Chile, tal como la de hacer una necesidad de la existencia de un lago o laguna en las alturas o por lo ménos en las profundidades subterráneas, siendo precisamente la falta de esta circunstancia de lagunas en las cordilleras la razon de incredulidad entre nosotros, en vez de otras verdaderamente mas atendibles como objecion para quienes pretenden discurrir sobre pozos artesianos o aun comunes en nuestras rejiones estériles o desprovistas de rios.

M. Chamberlin observa, con natural simple criterio, la circunstancia de ser precisamente un lago o laguna una negacion del pozo artesiano si con ello se cuenta como surtidero; pues, si la condicion previa i fundamental del éxito consiste en la permeabilidad

de la roca, la existencia misma del lago es precisamente en razon de ser impermeable el fondo bañado por sus aguas, un hecho en contrario de lo conveniente.

Si hubieran de estudiarse, por ejemplo, las condiciones del departamento de Copiapó respecto de probabilidades de éxito para la perforacion de pozos artesianos, no nos preocuparíamos de las lagunas o lagunazos de Monardes, Negro Francisco, Maricunga o La Ola i Pedernales, sino de los crestones o cabezas de las formaciones estratificadas descendentes con inclinacion al oeste desde las alturas húmedas i frecuentemente nevadas de la cordillera Domeyko o aun de la cordillera Real de los Andes, segun los casos.

No es tampoco la ocasion de las formaciones estratificadas descendidas de lo alto en fuerte pendiente, dando a poco trecho una gran diferencia de nivel, lo que debe tenerse como mas favorable, porque las capas en profundidad bastante están espuestas a mayores perturbaciones i a una presion susceptible de influir en el grado de su porosidad: las estratificaciones de suave inclinacion prometen mas seguridad i económicamente resuelven el problema a ménos costo en razon de la menor profundidad necesaria de perforar para llegar hasta ellas.

Si contra todas las espectativas, el resultado de un pozo artesiano es deficiente, muchas veces se han mejorado sus naturales desventajas por medio de artificios. Uno de estos, mui usado en los pozos de petróleo, consiste en aplicar torpedos en el fondo del taladro para agrietar la roca i dar mas fácil acceso al líquido hácia el tubo ascensor.

Es tambien de uso mui corriente hacer la primera prueba del pozo con el barreno de diámetro mas pequeño i agrandarlo despues en proporcion al volúmen

de líquido obtenido, haciendo así el gasto lo menor posible en el caso de no haber obtenido éxito satisfactorio.

El profesor Chamberlin entra en consideraciones diversas de meteorolojía, de las continjencias propias a los resultados de un pozo artesiano i de varias consideraciones de injeniería i de naturaleza económica mui importantes pero en las cuales no es de oportunidad seguirlo en estas pájinas.

Tratando solamente de las investigaciones de carácter geolójico, el resúmen se reduce a inculcar la necesidad de dedicarse bien atentamente a las condiciones estratigráficas afectas i concernientes al éxito de un pozo artesiano.

Estudiada así una comarca, se deben figurar en el mapa, documento indispensable de consulta, las estensiones donde es posible esperar un feliz resultado, aquellas donde es mas o ménos dudoso i donde son a todas luces negativas, o lo son aparentemente, por cuanto nada puede afirmarse o negarse en sentido absoluto.

En la esperiencia de los Estados Unidos, lo primero se entiende respecto de las zonas bajas, lo último de las relativamente altas rejiones, i lo dudoso respecto de las tierras intermedias entre bajos i altos.

No se debe confundir en esta clasificacion, agregaremos, el lugar de la perforacion, cuya circunstancia, es lo pertinente a ella, con los lugares de oríjen donde las aguas esteriores se infiltran en las capas conductoras.

El mapa disponible como guia i conocimiento de la rejion estudiada, queda en todo caso como un documento utilísimo para investigaciones futuras o para deducciones de otras interpretaciones en contrario o juzgadas de diverso modo. Por esto, el Gobierno de

los Estados Unidos, dando toda su importancia a tales trabajos geográficos fundamentales i no pudiendo ser emprendidos por la especulacion particular, los hace ejecutar por sí mismo i a espensas del pais entero, su principal aprovechante i primer interesado.

En jeneral, i dadas tantas circunstancias diferenciales como ocurren i dejamos anotadas, relativas a las aguas subterráneas, estancadas o corrientes de las formaciones de acarreo i no siempre tales en caudal o carácter como las de circulacion por terrenos de sedimento, como podria esperarse, no debe perderse de vista i adoptar como regla práctica i de toda utilidad, el cuidadoso exámen e investigacion del surjidero de las vertientes al esterior, en los puntos mismos de los nacimientos de los manantiales.

Especialmente el volúmen de agua suministrado i la estension superficial recolectora dentro de su natural perímetro, sin omitir ninguno de los demas caracteres ya detalladamente esplicados.

Esto, para todas las clasificaciones de agua i sus aplicaciones a casos de pozos comunes o tubulares, ascendentes o artesianos, pues, en cuanto a la aplicacion esclusiva de las de este importantísimo carácter en el norte de Chile, nada hai estudiado, nada averiguado i tan solo ciertas impresiones favorables i hechos geolójicos adecuados, dejan la idea de un desagüe subterráneo necesario e imprescindible desde las cumbres andinas hasta las playas o profundidades del Pacífico. Mui quebrados, muchos accidentes i trastornos sufren los terrenos estratificados interpuestos, pero así hai mucho digno de averiguarse para deducir de estos hechos lo conveniente.

Esta circunstancia, como la de una o mas capas de agua estendidas como un mar en honduras someras por toda la rejion central del territorio de Chile des-

de Atacama a Tarapacá, fenómeno digno tambien de la mas atenta consideracion, tiene ademas el interes del estudio minero, fácil de llevar conjuntamente con el hidrolójico, combinándolos de un modo conducente a un mas eficaz resultado i con la mayor posible economía.

I por último, si para el éxito completo de pozos artesianos, se necesita como principal condicion la cantidad de lluvia indispensable i éstas, en tésis jeneral, no existen en Atacama, tambien téngase siempre en cuenta el conjunto de consideraciones meteorolójicas, de meteoros acuosos i condiciones físicas, como geolójicas i topográficas, tan jeneral i a veces tan favorablemente reunidas en sus cordilleras para suponer impregnado su seno de vastos lagos interiores i poderosas corrientes de profundo curso subterráneo.

4.—*Aforos i regadío*

La falta de estudios sistemados i espresamente dedicados a tan trascendental materia como la del agua suficiente con caudal para llegar hasta aprovecharla en el cultivo de pequeñas estensiones repartidas de distancia en distancia aun en áreas superficiales de alguna consideracion, no permite dilucidarla con todos los elementos necesarios para su completa ilustracion.

Los verdaderos oasis saharianos tan conocidos i gozados por el viajero del Desierto en Pueblo Hundido, Finca de Chañaral, estancia de Paposo i otros, se mantienen relativamente estensos gracias al suelo i clima escepcional, mediante unos pocos litros de caudal al dia, siquiera el de la unidad de medida para una hectárea de riego representada por el volúmen de un litro en el tiempo de un segundo.

Sin mas dotacion i sin mas pedir a la avara naturaleza, se tiene una finca, se sombrea i refresca el fatigado viajero, saborea lo mas esquisito del mundo en la clase de frutas i legumbres, se aloja i descansa bajo de techo, se repone i restaura sus fuerzas i las de su bestia para seguir camino de su destino.

Ninguno de estos favores ha aprovechado sin embargo el hombre en todo cuanto podrian multiplicarlos el trabajo i el arte, deduciendo de los recursos naturales mayor dotacion de agua i mas estensa superficie de cultivo.

Pueblo Hundido era apénas un púquio para abrevar algunas bestias i lucir el verde de un sauce hasta hace pocos años. La necesidad de fundar un horno para la fundicion de metales trajo consigo el aumento provocado por algun drenaje i tuberías de hierro; luego despues la prolongacion del ferrocarril de Chañaral al Salado hasta el oasis, agregó la idea de hacer alcanzar el agua para las locomotoras i demas servicios; i por último, los ocho o diez púquios i manantiales reunidos, aun cuando sin plan, sin criterio bien aplicado i sobre todo sin los recursos necesarios, hai ahora en Pueblo Hundido, verjel delicioso, agua para una numerosa poblacion minera en «Manto Tres Gracias» i para el ferrocarril del Estado.

A veces parece importar poco el resultado del aforo de uno de estos exiguos caudales: 20, 50 o poco mas toneladas o metros cúbicos al dia, se transforman en bienes cuya multiplicacion asombra por su estension i por su influencia en todo sentido.

Las vegas de Chañaral Alto pueden ser derivadas al llano del Inca o bajadas por su propio álveo para aumentar la estension de la Finca de Chañaral, así como las del Cajoncito, Mostazal, Mocobí, por un lado, i las de Valientes, Pasto Cerrado, etc., por

otro, son capaces, reunidas en un aforo capaz para muchas fincas de a 1, de a 5 i mas hectáreas de reproductivo cultivo.

Hasta se ha pensado en dar agua potable a las poblaciones mineras i aun a los puertos de mar como Chañaral, Taltal, etc., pero el estudio de la aguada de Doña Ines Chica, capaz de un rendimiento de 100 o mas metros cúbicos diarios, segun las estaciones, no resultó bastante para cubrir el interes de un capital de 500,000 pesos para la colocacion de una cañería de 160 kilómetros de largo.

Para Taltal se han hecho tambien estudios con motivo de Rio Frio, excelente arroyo situado en una grieta entre bancos de andesita, capaz de mil metros de rendimiento al dia i segun otros, de mucho mas; obra utilísima por sí sola i de muchísimo mayor alcance si se la combina con otros proyectos cuyo conjunto acarrearia un verdadero rio en aquellas latitudes, hermosa ilusion a traves de la cual se ven otros valles agrícolas i poblaciones rurales artificialmente engastados a media distancia del Desierto entre los rios Copiapó i el Loa.

Sobre la misma altiplanicie atacameña al sur de Rio Frio, por las latitudes del puerto de Chañaral, los riachuelos del Juncalito, de Leoncitos, de la Ola i Pastos Largos llevan caudales cuyo aforo, por lo variable segun los años, las estaciones i sobre todo por lo poco comprobado o lo nada bien sabido, no es posible dar datos con alguna exactitud sino en lo bastante para recomendar su averiguacion i la certidumbre de su útil existencia para fines industriales como caidas para fuerza motriz, lavado de minerales i regadio de tierras de labranza en los parajes bajos del Desierto central.

Como quiera i como convenga, estos importantes

recursos del presente podrian ser aprovechados con relativa facilidad en razon de presentar la cordillera Domeyko puntos de depresion o portezuelos bastante bajos para pasar dichos rios a nivel conveniente i natural derivacion hasta las tierras bajas de admirable suelo i clima para el cultivo agrícola de pasto, granos i frutas.

Mas al sur todavía, frente a Copiapó se presentan análogos problemas i así sucesivamente llegando hasta los oríjenes del rio Huasco nos encontramos con los proyectos que hoi son, al fin i al cabo, no sabemos si buenos ó malos o lo mejor posible, objeto siquiera de trabajos hidráulicos medianamente importantes.

Cansados como estamos de nuestras continuas referencias a los Estados Unidos, hemos de apelar todavía a este recurso como el único ejemplo a donde personalmente i de *visu* hayamos contemplado los mismos aspectos i sentido las mismas impresiones de nuestro desierto i cordilleras; donde hemos visto aprovechada el agua gota a gota, sin metáfora ni exajeracion, precipitándola desde las mayores alturas hasta los bajos o levántándola desde las mas grandes profundidades hasta la superficie, para formar praderas i huertos en plena esterilidad de tierras secas i sin lluvias.

En lo pequeño, el modesto recurso de los molinos de viento con sus aspas al tope de armaduras de acero, forman como enjambres de mariposas absorbiendo el agua invisible, miéntras en lo grande, el recurso de los capitales i la iniciativa particular, estimulada por las leyes i las lejislaturas del Poder Nacional i de los Estados, hacen esos portentos del pueblo yankee tan dignos de asombro por su magnitud i de aplauso por sus patrióticas iniciativas.

Por no salir del tiempo de nuestras propias investigaciones i constancia personal en las alta tierras ári-

das de los Rocallosos, nos trasladaremos al año de 1893.

En lo histórico i arqueológico, la misma proporcion de lo grande e imponente impresiona al viajero haciendo resaltar los restos de aquellas civilizaciones del antiguo Arizona, Colorado i Nuevo Méjico por su mayor estension en obras de irrigacion de las rejiones áridas respecto de las nuestras en Atacama; pero en lo contemporáneo, en las obras del presente, nuestra estagnacion de molusco i nuestra indiferencia musulmana resaltan todavía mucho mas en aquellas tierras de oríjen español por la conquista, las costumbres i el progreso realizado en ellas durante su dominio i el de sus sucesores los mejicanos hasta el presente.

Nada capaz de interesar, ni nada digno de ser anotado: todo lo existente alli es jenuinamente yankee, desde la idea i la iniciativa hasta la realidad.

Por término medio, en los estados i territorios de las rejiones áridas se habian invertido hasta 1890 en trabajos i proyectos, estudios i esperimentos de irrigacion, treinta millones de dollars por cada un Estado ($ 30.000,000), en cambio de un valor reproductivo ascendente a noventa i cuatros millones de dollars ($ 94.000,000).

Agregando el gasto de regar los primeros acres o hectáreas, con la adquisicion de los derechos de agua, sin incluir las haciendas existentes en terrenos o territorios de semi humedad, así designados aquellos donde la lluvia no falta por completo, se calcula un valor total invertido en tierras secas i estériles así previamente habilitadas para la labranza, ascendente a setenta i siete millones de dollars ($ 77.000,000), i se estimó en doscientos noventa i seis millones ($ 296,000,000) el aumento total en el valor de las tierras i derechos de agua adquiridos, o sea una dife-

rencia de doscientos diezinueve millones ($ 219 millones) a favor, equivalente al 283 por ciento de aumento!

En otras palabras: la tierra entregada a la irrigacion hasta 1890, en las rejiones áridas representó o adquirió un valor cuatro veces mayor del de su costo efectivo.

El gasto total para dotar de agua, incluyendo mantenimiento i separacion de las obras hidráulicas, etc. fué para 1889 de 3.974,000 pesos, deduciéndose por valor de productos del suelo irrigado la suma de 53.000,000.

Entre los sistemas para conducir el agua se usan sifones de hierro: el del rio Rillito tiene 500 pies de largo por 4½ de diámetro con una abertura en el doblés para las limpias.

¿Cómo podríamos entrar a valorar nuestras tierras áridas de Atacama basándolas sobre iguales cálculos i estudios?

¿Será ilusion, será absurdo i estaremos a tan inconmensurable distancia de la realidad para no intentar siquiera un principio de reaccion en nuestras prácticas de abandono i prescindencia?

Este libro habrá por lo ménos conseguido patentizar por las descripciones hechas i el figurado en los mapas ilustrativos con ellos anexos, la existencia de recursos aprovechables i por lo tanto dignos de ser objeto de los estudios finales para deducir valores i deducir la balanza entre gastos i entradas, sacrificios i beneficios.

Como aun nos queda algo mas por dar a conocer en detalle sobre la hidrolojía de nuestros rios del Desierto i reservarnos aun cuatro palabras para reasumir i condensar en breves conclusiones lo concerniente al fin práctico, aspirado e impuesto a nuestra mision,

dejaremos para entónces la terminacion de lo concerniente al papel i actitud reservados al Gobierno de la República ante hechos de tal trascendencia i magnitud como los contenidos en los ejemplos de nuestra referencia.

IX

LOS RIOS DEL DESIERTO

En materia de aforo de las aguas atacameñas i de todas las condiciones dignas de ser consideradas como materias de estudio para llegar a posibles obras i disposiciones sobre conservacion i aumento del agua de nuestros rios de Atacama, algo ha sido intentado i no poco verificado con importante acopio de datos para merecer el lugar de resúmen i capítulo final del presente libro.

Para el rio del Huasco,—adonde la Comision Esploradora no alcanzó sino a llegar con algunos vértices de su triangulacion, sin conseguir estender el plan de su programa de estudios a toda su estensa i fecunda hoya,—ha quedado un documento interesante bajo el título de «Informe al Intendente de Atacama», suscrito en mayo de 1876 por el malogrado i distinguido injeniero don Cárlos Plisson, i reducido a la descripcion hidrográfica del rio huasquino.

Tomándolo desde donde entra lo pertinente al fondo de la materia i con motivo de las teorías jenerales sobre los meteoros acuosos i la proporcion corres-

pondiente al fenómeno de la evaporacion, dice como sigue:

A.—RIO DEL HUASCO

«Terminaré por un apunte de las observaciones que hice en la cordillera del Huasco, a orillas de las lagunas, en el mes de febrero último. La temperatura siendo en un término medio:

A las 6 de la mañana........................	5°
A las 10 id. id......	12°
Al medio dia................................	23°
A las 8 de la noche............	13°

Noté una pérdida de agua:

1.ª de 14 milímetros:
2.ª de 16 id: por cada 24 horas.

La diferencia proviene de la altura del agua en las vasijas empleadas para los esperimentos, siendo mayor la merma cuando el espesor del agua era menor. Las observaciones practicadas por el señor Crooy en la cordillera de Copiapó, dan un resultado algo mas elevado, a saber:

La merma del agua durante el dia....	3	centímetros
La » » » la noche..	1	»

Pero estas cifras comprenden tambien la disminucion debida a la infiltracion: pronto haremos uso de todos estos datos.

1. Descripcion del valle del Huasco en la actualidad (1876).—Enumeracion de los afluentes del rio.—Cuadro triste que presentan las cosas en la actualidad.—El cauce defectuoso; las acequias necesitan una reforma.—Todo concurre allí para provocar el desperdicio de agua.

Poco a poco, por la accion lenta de los siglos, la vida se ha retirado de la vasta rejion que ha sido el objeto de nuestro exámen, concentrándose en los dos valles del Huasco i de Copiapó.

En el estado actual de las cosas, los pocos aguaceros que de tarde en tarde vienen durante unos pocos momentos a hacer diversion a la sequía característica de la provincia quedan sin resultado útil; el agua apénas tiene tiempo de mojar la superficie del terreno para luego volver a desaparecer en el estado de vapor; ninguna gota caida fuera del recinto de esos valles sirve para alimentar los rios, que si no fuera por las nieves de la cordillera habrian dejado de existir.

Antes de acometer la grave cuestion de si hai o no arbitrios eficaces para combatir el mal que ocasiona la disminucion alarmante en el caudal de esos rios, conviene hacer un estudio prolijo de las localidades.

Principiaremos por el rio del Huasco reservándonos de tratar del de Copiapó en un suplemento a este trabajo.

El valle que lleva ese nombre es debido a un profunda hendidura, depresion que corre de E. SE. a O. NO., desde la cumbre de la cordillera hasta el mar. Pero solo en la parte mas baja, en el puerto del Huasco i la villa de Vallenar, en una lonjitud de 50 a 60 kilómetros, existe un cauce único, mas arriba el nú-

mero de afluentes mas o ménos iguales. hace difícil determinar cual se debe considerar como el rio principal.

Entre el mar i Vallenar no corre mas en la actualidad el rio que ántes desembocaba en el puerto, pues está agotada el agua por las culturas de mas arriba.

Numerosas vertientes que brotan de trecho en trecho suplen al rio ausente i sirven para el riego de los fértiles terrenos.

A continuacion damos la lista de las principales quebradas, unas con agua corriente otras sin ella, cuyo conjunto forma el rio denominado del Huasco:

1.ª A una legua de la poblacion, hácia la cordillera, encontramos la quebrada del Jilguero al norte, con aguada llamada de San Antonio.

2.ª Quebrada de los Camarones con numerosas vertientes, pero el agua no llega al rio.

3.ª De la Higuera, ribera norte, vertientes adentro; no lleva agua al rio.

4.ª Del solar, ribera norte, con vertientes.

5.ª El rio del Cármen que viene del sur i recibe a su vez varios afluentes; hai cultura i varios poblacioncitas.

6.ª Quebrada del «Tabaco», al norte, con vertientes adentro.

7.ª De las «Pircas», al sur, tambien con vertientes.

8.ª Chanchoquin, al norte, con vertientes.

9.ª «Pinto», al sur, con vertientes.

10. El rio de la Plata, frente al Parral; el agua llega al rio principal.

11. «Colpe», al norte, vertientes.

12. El rio «Challai», viene del sur i trae bastante agua; adentro hai fundos cultivados.

13. Quebrada de Conai, al sur, con agua corriente, pero no llega hasta el rio principal.

14. El rio «Corral», al sur, corre hasta el rio principal i riega terrenos cultivados.

15. El rio «Valeriano», al sur, el mas caudaloso, sirve de desagüe a la «Laguna Chica».

Siguiendo al norte el curso del rio «Tránsito».

16. Quebrada del «Cobre», que desciende del norte con un hilito de agua.

17. El «Cazadero», viene del norte i trae un arroyito.

18. Quebrada de «Zepeda», con unas vegas i agua corriente.

19. En fin, el rio «Tránsito», que sale de la «Laguna Grande», término de mi espedicion.

La lonjitud total hasta la Laguna Grande, siendo aproximativamente de 200 kilómetros, podemos admitir por la estension jeneral de esos rios unos 300 kilómetros, segun un avalúo mui moderado.

En cuanto a la cantidad de agua en cada uno de sus afluentes, seria no solo interesante tomarse el trabajo de determinarla, sino que considero la operacion de primera necesidad.

Todos estos riachuelos presentan el mismo aspecto; son unas lijeras depresiones naturales, sin honduras, obstruidas por un sinnúmero de piedras i rocas de todos tamaños que forman una sucesion continua de saltitos.

En las partes anchas donde hai poco declive, estos cauces diformes, que la mano del hombre no ha tratado jamas de rectificar, se dividen en varias ramitas o se estienden en charcos superficiales que provocan una estensa evaporacion.

Salvo en las partes de altitud considerable, adentro de la cordillera, donde hai poco tráfico i ninguna cul-

tura, los árboles i arbustos que cubrian con su sombra ámbas orillas hasta una distancia considerable. hán sido cortados o quemados. Este destrozo de árboles va en aumento con la importancia de la cultura, llegando a ser completo en todo el curso inferior.

A estos actos inintelijentes se ha limitado hasta ahora la injerencia del hombre en este tan grave asunto. Como si no fueran bastantes estas causas de desperdicio, se les agrega otra no ménos importante; es la forma viciosa, anti-racional de las acequias de riego i de desagües. Ademas de tener un ancho desproporcionado con la hondura que las mas veces llega a ser insignificante, están casi siempre obstruidas por montones de ripio i arena. De ahí resulta un consumo enorme de agua empleada en empapar estas arenas i los contornos inútilmente desarrollados de estas rústicas acequias. Este consumo improductivo se puede, sino medir exactamente, al ménos avaluar por el tiempo considerable que necesita el agua de riego para llegar a su destino.

Durante los intervalos que median entre los turnos, una semana en el Huasco i dos en Copiapó, estas defectuosas regueras tienen tiempo de sobra para llegar a un estado de aridez completa.

Parece increible que hasta ahora no se haya dado ningun paso para tratar de disminuir siquiera una causa tan grave de desperdicio, que deberia ser tan bien conocida. La influencia del sol sobre esas grandes zanjas, desprovistas de abrigo, obstruidas, es tan considerable, que en el turno de noche se riega una estension de terreno mucho mayor que en el dia.

La impresion final que deja el exámen de sequedad en los valles del Huasco i Copiapó se puede formular así: todo parece estar arreglado allí para secar dél

modo mas espedito i ménos costoso la mayor parte posible del agua que baja de la cordillera.

---

2. *Descripcion de las medidas que se deben tomar i son de tres clases: 1.ª clase, su objeto es el hacer mejorar el uso del caudal de agua existente; 2.ª clase, medidas destinadas a aumentar la cantidad de agua disponible; 3.ª clase, medidas para tratar de reponer las cosas a su primitivo estado.*

Conocemos el mal en sus causas, en sus efectos, en su modo de obrar; busquemos los remedios.

Es claro que deben ser de tres clases, i consisten:

1.° En hacer mejor uso del caudal de agua existente;

2.° En aumentar, mediante ciertos trabajos, la parte utilizable del producto de la nieve i de los aguaceros;

3.° Tratar de reponer las cosas en su primitivo estado.

Todas las medidas que componen la primera clase son de fácil ejecucion: no piden mas que buena voluntad; enumeraremos aquellas lijeramente i despues daremos las esplicaciones necesarias para su intelijencia i su justificacion.

A. Antes de todo es indispensable cavar un cauce mas hondo i ménos ancho que el actual i suprimir los escollos que impidan la corriente natural del agua.

B. Protejerlo contra el sol i el viento mediante plantaciones de árboles i arbustos de tupido follaje; por ejemplo, la higuerilla prestaria grandes servicios.

C. Modificar la forma i las dimensiones de las acequias de riego, estableciendo a este respecto reglas obligatorias.

D. Acelerar el curso del agua estancada en las vegas.

E. Facilitar la salida del agua en los numerosos manantiales de la cordillera, donde por falta de arreglo se pierde una cantidad notable de ella.

F. Sacar de las lagunas todo el partido posible.

Pasemos ahora a las esplicaciones, advirtiendo que omitiremos aquí todos los pormenores técnicos que no pueden hacer parte de una esposicion jeneral sin entorpecerla.

La necesidad de arreglar el cauce del rio es tan obvia, que todo el mundo está de acuerdo acerca de la necesidad que hai de principiarlo cuanto ántes.

Nadie dudará tampoco que es urjente proceder seriamente al restablecimiento de la vejetacion, tanto en las orillas del rio como de las acequias.

Sin embargo, si se necesitaren pruebas en favor de esta urjencia, un simple paseo durante las horas de mas calor en esos valles las suministrarán mui convincentes i averiguadas. En todas las partes hondas de los canales queda agua mucho tiempo despues que ha cesado el turno; la jente del campo está perfectamente al corriente de esta circunstancia i la aprovecha para apagar la sed.

¡Cómo el contraste entre la frescura de esos raros puntos i la ardiente aridez de los canales en jeneral no ha inspirado la idea de hacer estensiva la medida protectora!

Repetiremos, pues, que en presencia de la espantosa escasez de agua que allí reina hai urjencia en hacer desaparecer una causa tan considerable de desperdicio, i de introducir una reforma completa en el sistema de regadío.

Llegamos ahora a una cuestion mui controvertida: las vegas. Desde luego, para tranquilizar a las nume-

rosas personas que, tomando el efecto por la causa, se imajinan que las vegas son las fuentes de los rios, conviene decir que no se trata ahora de destruirlas, sino de hacerlas lo ménos nocivas. Destruirlas enteramente costaria mucho, i en presencia de tantos otros gastos indispensables es forzoso buscar la economía.

Sin embargo, su completa supresion seria un gran bien; con ellas desapareceria una notable causa de desperdicio, sin que resultare el menor inconveniente.

Es un error grande el creer que aquí las vegas desempeñan una funcion benéfica sobre el curso de los rios; su único papel es el de una esponja estensa cuyos poros sirven para detener el agua i al mismo tiempo multiplicar miles de veces su contacto con el aire, aumentando así enormemente el efecto de la evaporacion. La opinion que atribuye a las vegas una accion moderatriz i conservadora a la vez, proviene de una doble confusion.

Es cierto que la vejetacion retarda la velocidad de los miles de arroyitos que en los paises montuosos van a engrosar los torrentes, i retardan las avenidas; pero aquí no se trata de evitar avenidas, no es allí donde nacen sino en la parte inferior del rio; si alguna fuera posible, su primer efecto seria destruir vegas que obstruyesen el curso del agua, enterrándolas bajo montones de aluviones. Las pocas avenidas que han tenido lugar (a razon de 2 o 3 por siglo) proviene de temporales de agua, no de nieve.

Aquí todo lo que detiene el curso del agua es un mal que se debe suprimir: la perfeccion consistiria en aplicar inmediatamente a la agricultura toda el agua de la nieve a medida que se va derritiendo. Es cierto tambien que una densa capa de césped ejerce una accion protectora; pero no del agua sino de la tierra vejetal i ademas, para que tenga alguna eficacia, debe

estenderse a una superficie considerable; así es que en Europa las plantaciones de árboles i las siembras de césped que emprenden los gobiernos i las municipalidades en las serranías donde hacen falta cubren ya miles de hectáreas; miéntras que aquí las vegas cubren solo algunas cuadras situadas en los cauces mismos de los arroyos.

En cuanto a las ventajas que pueden reportar como praderas naturales, son completamente ilusorias.

Si se calcula la cantidad de agua que esos pastos raquíticos consumen o hacen perder i si se considera el valor que esta agua tendria en la parte cultivable, se verá que la mantencion de los animales que allí pacen la temporada de verano, cuestan realmente un disparate. Se puede decir sin exajeracion que esos burros o mulas comen oro.

Los manantiales esparcidos en todo el curso de esos rios, pero con mas frecuencia en las partes altas de la cordillera, exijen una compostura análoga; el agua brota de numerosos ojos i se divide en una multitud de hilitos que presentan una superficie mui favorable para la evaporacion a los que quedan espuestos un tiempo demasiado prolongado por su poca velocidad. No basta un fuerte declive para que el agua corra, se necesita tambien que tenga peso, o en otros términos, masa; es fácil dársela reuniendo por medio de zanjas los hilitos desparramados.

Entre las medidas que estamos discutiendo, una de las mas importantes es la que se refiere a las lagunas.

Para poder indicar el modo de sacar partido de ellas tenemos forzosamente que entrar en esplicaciones un poco estensas: si gracias a ellas se consigue desvanecer las preocupaciones que reinan sobre la materia, no se echará de ménos la brevedad.

La gran mayoría de las personas que dedican su atencion a este asunto creen que las lagunas contribuyen a conservar o aumentar el agua. Como nadie espresa de un modo claro los motivos sobre que se basa esta creencia, es de suponer que no tienen otra que la opinion comunmente adoptada respecto a la influencia ejercida por los lagos en jeneral sobre la humedad del aire. Pero el gran defecto de las opiniones formuladas, de un modo demasiado vago i jeneral, es la carencia de un sentido fijo i determinado; pueden espresar la verdad o el error, segun las circunstancias.

Cierto es que la disecacion de los vastísimos lagos de los Estados Unidos i Canadá modificaria notablemente el clima de ese continente; tambien lo es que si se lleva a efecto el proyecto de restablecer el mar que poco ántes de nuestra éra cubria la superficie del actual desierto de Sahara, se conseguiria cambiar considerablemente la temperatura no solo de aquella rejion, sino de todo el sur de Europa. En ámbos casos los motivos saltan a la vista i no dejan lugar a la duda. Pero no ménos cierto es que con secar todos los lagos de Cumberland, de Escocia, i aun de Suiza, no se introduciria modificacion sensible en el clima de Europa, porque ese clima es debido a causas poderosas, sobre las que los lagos no pueden influir.

Pero dejemos las jeneralidades i volvamos a nuestro asunto: veamos de qué modo pueden obrar las lagunas, i luego ¿qué son las lagunas? Evidentemente no son mas que un ensanche mui estenso de los rios. El agua que proviene de las nieves, en lugar de pasar rápidamente por un canal angosto, camina lentamente en un vasto lecho, perdiendo durante el trayecto parte de su volúmen por filtracion i mayor parte por evaporacion. A eso se reducen los hechos: no hai compli-

caciones como en el caso de las vegas, no se trata de retardar o moderar el curso del agua, pues la salida está libre, ni de fomentar la vejetacion, no hai allí vejetacion.

Nada puede ser mas sencillo: infiltracion i evaporacion son los dos puntos que tenemos que considerar pues no se producen otros. ¿En qué pueden ser favorables?

Desde luego se ve que la infiltracion no puede de ningun modo ofrecer ventajas; queda así la evaporacion como único objeto de nuestro exámen.

La superficie de la Laguna Grande siendo en la actualidad de un millon veintiocho mil metros cuadrados si admitimos que la evaporacion diaria es de quince milímetros, segun resulta de las observaciones, hallamos que la cantidad de agua que de ella pasa a la atmósfera es de 15,400 metros cúbicos en veinticuatro horas. La Laguna Chica da lugar a una pérdida de 5,400 metros cúbicos, pues su área es 35 por ciento de la primera. Total: 20,000 metros cúbicos diarios, o sea 20.000,000 de litros.

¿A dónde va ese vapor? Durante todo el dia reina un viento fuerte cuya velocidad es de diez a quince metros por segundo, o sea de seis a ocho leguas por hora, es decir que en el espacio de una hora i media el aire cargado de esa humedad estará en la República Arjentina, pues es el rumbo constante del viento. De noche hai calma relativa, podemos suponer (hipótesis absurda) que esa humedad se condensa en las inmediaciones de su punto de partida i vuelva sin merma a la laguna. ¿Qué ganaria con eso?

Es de esperar que este sencillo raciocinio bastará para muchas personas; pero siempre quedarán otros apegados a la opinion que un lago debe ejercer. de un modo o de otro, una influencia sobre la tempera-

tura. Supongamos, pues, que exista esta influencia, sin querer averiguar el cómo se puede efectuar. Tratemos de dar un cuerpo a esta suposicion i de aclararla por medio de cifras: admitiendo que la superficie de las tierras regadas, en el departamento del Huasco ascienda a 6,533 hectáreas que indica la estadística, el caudal del rio deberá ascender a 2.500,000 metros cúbicos al año. Ignoramos la cantidad de agua o nieve que cae i tenemos que hacer una hipótesis, por falta de datos, supondremos que caen al año tres centímetros, mas o ménos como en Siberia, de los que uno solo serviria para formar los rios (es la proporcion mas jeneral), encontramos que el valle total, tomando la palabra en el sentido de receptáculo (*bassin* en frances) debe tener una superficie de 75,000 hectáreas, cifra mui moderada.

Ahora bien: el área de las dos lagunas compone 140 hectáreas, es decir, dos milésimas partes de la primera. Para representar gráficamente la relacion entre esos números i percibir por medio de la vista una idea clara del grado de influencia que pueden tener las lagunas sobre este receptáculo de las aguas del Huasco, podemos esponer la figura siguiente:

Poniendo los planos de las lagunas juntos, a su lado formaríamos un cuadrito de 2 centímetros de costado; pues el plano de la laguna representará la superficie del valle del Huasco i el cuadrito de 2 centímetros la superficie de las lagunas. Este simple paralelo, sin mas comentarios, basta para probar cuán quimérico es el temor de descomponer el clima con la supresion de las lagunas.

Por consiguiente, se puede, sin escrúpulo, trasformarlas en represas que tendrán la doble ventaja de poner término a una pérdida considerable de agua i de conservar para la época propicia gran parte de la

que hoi corre inútilmente, cuando la agricultura no la requiere.

Trabajos de la segunda clase

Me limito ahora a indicar que existen varios arroyos i depósitos de agua que quedan sin uso i que mediante algunos gastos se podrian aprovechar. Mas tarde volveré sobre el asunto, al tratar del rio de Copiapó i paso a la interesante cuestion de las represas.

A pesar de que la nieve es casi la única fuente que alimenta los rios de esta provincia, sin embargo, en ciertos años (principalmente en el Huasco) caen lluvias que se podrian aprovechar, miéntras que ahora el agua apénas caida corre al mar, en virtud de la gran velocidad que le da su masa i el declive del terreno. Para utilizar este elemento continjente de riqueza, se necesita establecer, en la parte mas baja de las diferentes quebradas, algunas represas de suficiente capacidad; la idea no es nueva i ya desde varios años está señalado el punto (mui bien escojido, sea dicho de paso) donde se pensó realizar la obra, pero en lugar de un solo estanque de vasta superficie, conviene establecer varios de tamaño reducido. Esta disposicion ofreceria la ventaja de disminuir el peligro en caso de romperse el dique; tambien produciria un ahorro de gastos, porque en esta clase de trabajos la importancia, i por consiguiente el costo de la obra crece con las dimensiones que se da al pretil. En cuanto a los puntos que se debieran preferir, no es el momento para tratar de ellos; basta decir aquí que en las varias quebradas donde corren los afluentes del rio, no faltan localidades mui aparentes para este objeto.

Lo mas espedito seria el restablecer varias repre-

sas naturales, cuyas señales quedan mui marcadas i cuya destruccion es bastante fácil de esplicar en un pais tan espuestos a los temblores.

Tercera clase de medidas

En un trabajo destinado solo para el uso de agricultores, mala figura haria el presente capítulo; pero la poblacion de Atacama, ante que todo minera, no es tan apegada a la rutina que rehuse oir la verdad cuando viene bajo las formas de novedades.

Hasta hoi nada, absolutamente nada se ha hecho para contrarrestar la invasion de la esterilidad, ni siquiera se ha abstenido de provocarla.

Es tiempo de poner término a esta culpable apatía i de emprender al fin una cruzada contra el enemigo secular, tomando por tema la restauracion de las cosas a su primitivo estado.

Todas las quebradas que traen de la cordillera una pequeñita cantidad de agua estaban llenas de árboles hasta una distancia bastante considerable del fondo. La prueba está a la vista principalmente en el departamento del Huasco, donde todavía existen hermosos algarrobos, restos de los bosques que cubrian las faldas arenosas por donde hoi pasan los caminos.

La primera medida para entrar en el camino de las reformas debe ser la rijida i estricta observancia de un reglamento, cuyo objeto sea el plantío de árboles i arbustos no solo a la orilla del agua sino en toda la estension de las quebradas hasta donde alcanza el rocío.

El algarrobo i el chañar son mui a propósito para este objeto por la facultad que poseen de medrar donde otras especies se secan, pero son mui lentas para crecer. Se podria esperimentar varios arbustos, tanto exóticos como indíjenas.

Una gran parte de los terrenos situados en las llanuras quedan sin labrar por la escasez de agua. ¿Por qué obstinarse en cultivar solo la alfalfa i el trigo? no faltaria, si se buscase bien, otras.plantas valiosas i ménos exijentes al riego; seria mui larga la enumeracion de los paises que la introduccion de una nueva cultura ha enriquecido.

Al Gobierno central incumbe el deber de instituir las pesquisas en este sentido i de sufragar los gastos de los esperimentos; no es tan temerario afirmar, a nombre de las leyes inmutables de la física, que el éxito no puede faltar i es solo cuestion de tiempo.

Si los valles enteros, inclusos sus afluentes, estuviesen otra vez cubiertos de vejetacion, mucho se habria ganado i quizá no pareceria quimérica la idea de aprovechar la inmensa masa de humedad que las nieblas de la costa depositan diariamente sobre una inmensa estension de terreno.

---

3. *Parte financiera de la cuestion.—Quien ha de costear los gastos de las obras.—De qué modo se pueden conseguir los fondos necesarios.—Valor del agua que ahora se pierde.—El aumento del agua debida a los trabajos constituye una renta valiosa i puede servir para pagar gran parte de los gastos.*

Para llevar a cabo esas tres clases de medidas, o al ménos parte de ella se necesita fondos; de ahí surje una nueva cuestion, a saber: ¿De dónde sacar estos fondos? i ántes de todo¿quién ha de suministrarlos?

La razon i la equidad exijen que los cargos se repartan entre el Gobierno central, las municipalidades i los particulares.

A cada propietario de haciendas o fundos le corres-

ponde el cuidado de reformar sus acequias i de componer la parte del rio que atraviese su terreno.

Las municipalidades deben tomar a su cargo todos los trabajos que son a la vez de utilidad colectiva e inmediata.

En fin, para el Gobierno representante de los intereses de la nacion, quedan las obras que son de un interes jeneral, como todas las que tienden a asegurar el porvenir de las provincias i ademas es indispensable que ayude en algo a las municipalidades para que sin pérdida de tiempo puedan emprender de una vez la ejecucion de los trabajos de urjente necesidad; tambien convendria autorizarlas para establecer impuestos especiales i contratar empréstitos, que podrán pronto ser reeembolsados con el producto mismo de los trabajos, como lo vamos a ver luego.

En cuanto a los dueños de terrenos cuya situacion no les permitiera hacer todos los desembolsos en las épocas fijas, el mejor modo de favorecerlos seria imitando el sistema usado en Europa. La administracion pública hace ejecutar de oficio i por su cuenta todos los trabajos decretados i despues cobra a los interesados el importe de esos trabajos, segun un modo determinado.

Pasemos ahora a la partida de las entradas, ellas serán:

A. Producto debido a la transformacion de las lagunas en estanques. Segun los cálculos arriba hechos, hemos hallado que en la actualidad las dos lagunas dan lugar a una pérdida diaria de 20,000 metros cúbicos de agua; es decir, lo suficiente para regar 291 mil metros cuadrados, lo que importa una suma de 82,500 pesos.

B. El agua que se dejará de perder, una vez que el cauce de los rios i riachuelos esté arreglado, segun

el modo indicado, es de mucha consideracion: el avalúo es mui difícil, aun limitándose a una apreciacion poco rigorosa. Si se admiten los datos siguientes:—estension total de los rios 300 kilómetros, evaporacion e infiltracion 2 por ciento, ancho suprimido 5 metros—resulta un minimum de 30,000 metros cúbicos en 24 horas.

C. La pérdida ocasionada por las acequias particuláres es mui considerable; pero la falta completa de datos no permite computarla ni aun del modo mas vago.

D. Las vegas i numerosos manantiales consumen igualmente, sin provecho ninguno, miles de metros cúbicos que, añadidos a los anteriores, representan una renta valiosa.

E. A estas entradas permanentes se debe agregar el valor mui considerable del agua que provendrá del desagüe de las lagunas. De la mas grande se sacará no ménos de 8 millones de metros cúbicos i de la chica, en razon de su mayor hondura, 7 millones; el plano adjunto contiene tambien los elementos de esos cálculos.

Si como es mui justo, se quiere destinar una parte de esos valores al pago de las obras, se deberá medir directamente el agua de estas varias partidas por medio de aparatos adecuados. Inútil es estenderse mas sobre estas cuestiones que deberán ser el objeto de deliberaciones para que los interesados determinen en qué proporcion i de qué modo se habrá de aplicar esas cantidades a la realizacion de los trabajos.

---

4. *Necesidad de mejorar la manera de repartir el agua.—Bases de una mejor distribucion.—El medio de juntas es mui popular, pero es el peor sistema que se puede emplear.—Las juntas no hacen nada ni pueden hacer nada en materia de trabajos públicos, es decir, por lo que toca a la ejecucion.*

Como complemento de esas medidas se impone la obligacion de reformar el sistema de reparticion de las aguas.

En primer lugar, considerando el enorme desperdicio que ocasionan los riegos a largo plazo (semanales en el Huasco i quincenales en Copiapó) hai que tratar de hacerlos mas frecuentes, cambiando la base de la reparticion, es decir, que en lugar de avaluar en tiempo la parte de agua que recibe cada fundo, se debe medirla directamente, haciendo uso de los nuevos aparatos del señor Barros Grez, que dan a esta operacion todas las garantías deseables de exactitud.

El método mas perfecto para efectuar los riegos, consistiria en dejar correr sin interrupcion i simultáneamente, en todas las acequias, la proporcion respectiva de agua que les corresponde. Se podria tratar de introducir parcialmente esta reforma, principiando por las acequias de las principales haciendas.

Pero ántes de todo, es menester determinar de una vez la cantidad relativa de agua que cada propietario tiene derecho de exijir.

Con buena voluntad i el firme propósito de respetar los principios de equidad, se puede hacer esta determinacion de un modo mui satisfactorio, tomando por norma la superficie de los terrenos de regadío, sin dejar por eso de respetar los títulos lejítimos i bien auténticos.

Es claro que para principiar se debe proceder al establecimiento de un catastro exacto. Así desaparecerian los infinitos abusos a que siempre ha dado lugar la cuestion de riegos.

Cuando esté formalmente admitido que el uso del agua se funda sobre un derecho inherente a la propiedad del terreno i no sea materia de simple merced, entónces cesará una situacion que se va haciendo intolerable.

Segun un memorial publicado en Vallenar, se ve que durante el corto espacio de 15 años ha habido 607 cambios de mas o ménos importancia en el reglamento de los turnos; i lo mas triste es que esa instabilidad, tan antipática a la industria agrícola, es obra de la arbitrariedad, emanando puramente de la voluntad de los mandatarios que se arrogaban la facultad de disponer del agua poco ménos que a su antojo.

Considerándola como cosa accesoria i distinta de la propiedad del terreno, cada gobernador entrante solia establecer un nuevo sistema de turnos por medio de simples decretos administrativos.

Así en la antigua sociedad romana el pro-cónsul, reuniendo en su persona los poderes lejislativo, judicial i ejecutivo, al asumir el mando publicaba sus edictos que durante su período constitucional (para usar el lenguaje actual) constituyeran la lei en todo el recinto de su provincia. ¿No seria tiempo de poner término a un anacronismo tan chocante i tan contrario a las ideas modernas?

Mui conveniente seria entronizar la éra de las reformas con suprimir radicalmente la injerencia de la política en este asunto; la sola mension de esta palabra es la mas amarga crítica del actual estado de cosas.

Sin querer emprender una lucha intempestiva e impotente contra la tendencia dominante de nuestra época, se puede i se debe tratar de imponer un dique a sus abusos mas perniciosos. La que lleva el nombre de política es un minotauro que amenaza desviarlo todo: cada ciudadano imparcial debe esforzarse por arrancar de esas terribles garras el ramo especial de industria que hace el objeto de su actividad: agricultores i mineros tratemos de desterrar la política de lo que toca a la agricultura i a la minería. Bastante campo le quedará para ejercer su lejítima influencia.

Resta examinar el modo que mejor conviene emplear para efectuar todo lo que se haya resuelto, si será por medio de comisiones que elijan los interesados, o por ajentes que nombre el Gobierno, o por un sistema misto.

Es claro que las resoluciones i adopcion de las medidas supone la cooperacion de toda la parte del vecindario directamente interesado en el asunto, con participacion de los ajentes del Estado, como representantes de los intereses jenerales; pero una vez arregladas las bases de los convenios, la ejecucion debe encargarse al ramo administrativo, que la hará desempeñar por medio de los empleados especiales, mucho mejor que todas las juntas oficiosas.

Como la opinion contraria cuenta numerosos partidarios, no estará demas entrar en algunas esplicaciones. Los únicos paises donde, en una infinidad de materias, la actividad particular se sustituye a la del Estado i donde este procedimiento llega a formar parte de las instituciones, son Inglaterra i Estados Unidos.

En Inglaterra, gracias a la existencia de una clase privilejiada, provista de los medios i de las actitudes

que resultan de su educacion especial, el sistema funciona perfectamente bien, con gran provecho de la comunidad i notable alivio del Erario público; pero las condiciones que allí le dan su mérito son esencialmente aristocráticas i no se encuentran en estas repúblicas donde la inmensa mayoría de los ciudadanos carece de ocio, primera condicion indispensable, i está obligado a dedicar toda su enerjía a la jestion de sus propios negocios. Lo que mejor prueba esta verdad es el ejemplo de los Estados Unidos donde el mismo mecanismo, tan benéfico en Inglaterra, se vuelve una fuente de escándalo i fomento de la corrupcion mas descarada; los ciudadanos revestidos de cargos administrativos i judiciales se cuidan, en jeneral, mas de sus propios intereses que del bien público.

Entre las principales reformas que el progreso del tiempo i la desaparicion de las circunstancias anómalas, oríjen del desarrollo estraordinario de la gran República, harán indispensable, figura la restriccion de ese defectuoso sistema.

Volviendo a Chile, vemos que el papel de las juntas debe limitarse al exámen i a la discusion de las medidas; i naturalmente una vez estas admitidas, se entregarán a la vijilancia de los empleados encargados de la ejecucion. No hai que hacerse ilusiones; si el objeto sometido a una junta requiere una atencion cuotidiana i de larga duracion, difícilmente llegará a realizarse.

---

5. *Urjencia de poner mano a las obras para atajar la invasion del Desierto.—Observatorios meteorolójicos necesarios.—Los plantíos de pino marítimo han cambiado por completo el aspecto i naturaleza de «las landas».—Los millones de árboles que se plantan anualmente en Australia principian ya a producir efecto sobre las lluvias.—La operacion del drenaje que se ha jeneralizado en Inglaterra, orijina gastos infinitamente mas considerables que los de las medidas que se preconizan.—Ultimas consideraciones destinadas a probar que el buen éxito no puede fallar.*

Este trabajo quedaria incompleto si no se mencionasen varias otras medidas de una utilidad ménos inmediata. La insuficiencia de datos meteorológicos hace preciso el estudio de las modificaciones de la temperatura: convendria que el Gobierno se resolviese a aumentar el número de las oficinas meteorológicas que hoi existen en varios puntos de la República; el gravámen para el Erario público seria mui módico, pues los instrumentos que se necesitan son de poco costo i el personal no falta, gracias a los numerosos injenieros de minas, de puentes i calzadas, quienes se prestarian, sin duda, gustosos a la compilacion de las observaciones requeridas.

Estas observaciones, léjos de tener un carácter puramente científico, ofrecen ventajas prácticas. Gracias a ellas, la prediccion del tiempo, esta perpetua preocupacion del hombre, ha dejado ya (al ménos en límites todavía reducidos) de ser del dominio esclusivo de los charlatanes.

En Europa la meteorología, secundada por el alambre eléctrico, presta ya servicios a la navegacion de

cabotaje, anunciando, con alguna anticipacion, los grandes cambios atmosféricos.

En un pais donde estos asuntos tienen un interes vital, no basta la creacion de pequeños observatorios aislados; se requiere una oficina central encargada de coordinar los datos ya obtenidos i dilucidar las cuestiones que el adelanto incesante de la ciencia hace surjir. Esta oficina existe, es cierto, pero no con toda la estension deseable.

¿Quién podria, sino una institucion semejante, emprender la solucion del importantísimo problema a que hemos aludido, a saber: buscar medios de aprovechar la actual temperatura i de fomentar el cultivo de plantas capaces de vivir sin lluvias? No se crea que es una esperanza ilusoria. Varios ejemplos mui significativos prueban que la cuestion es susceptible de una solucion práctica.

Todo el mundo habrá oido hablar de esas maravillosas raices que en los áridos desiertos del Africa austral tienen la propiedad de absorber i almacenar la poca humedad que el aire, mas seco en apariencia, no deja de contener. Gracias a estos depósitos de agua saludable, encuentra el viajero el único medio de apagar la sed.

Otro ejemplo ménos conocido i de una importancia mui oportuna para nuestro objeto es el que ofrece una pequeña rejion de los Pirineos.

En ese rincon del Rosellon donde las lluvias son mui irregulares i escasas, pasando a veces un año sin que caiga una gota, la vid, planta tan delicada, crece i da jugoso fruto, mediante a la humedad que le suministra la brisa marítima.

La flora indíjena, debemos repetirlo, adolece de serios defectos: la lentitud con que se desarrolla i su poca vitalidad en jeneral. Un árbol cortado deja un

vacío que no se rellena espontáneamente. Es necesario, pues, ayudar a la naturaleza i adoptar la cultura a las circunstancias climatéricas.

El estudio de todos esos problemas no se puede abandonar a la iniciativa individual. La poblacion demasiado reducida, todavía no ofrece en grado suficiente los elementos ni los recursos necesarios.

Fácil seria presentar una larga lista de empresas ejecutadas en grande escala, por varios estados europeos, con el objeto de redimir comarcas enteras presas de la esterilidad. Entre ellas escojeremos la que por su analojía viene mas al caso i nos puede servir de ejemplo. Mencionaremos rápidamente los hermosos trabajos que han cambiado radicalmente el aspecto i hasta la naturaleza de la estensa rejion comprendida entre Bordeaux i Bayona, a orillas de la bahía de Vizcaya.

Allí los médanos formados por la arena, obedeciendo a la brisa, seguian con una lijereza i una precision fatal su curso lento hácia el interior de las tierras, sepultando las campiñas, las aldeas, i aun ciudades considerables.

Ninguna valla parecia capaz de atajar los estragos del flajelo, como lo demuestran las ruinas antiguas desenterradas al principio del presente siglo; iglesias enteras con sus torres i campanarios han vuelto a aparecer intactas en las escavaciones practicadas a este efecto.

Pues bien, la introduccion de un árbol (el pino marítimo) hizo lo que todos los esfuerzos humanos no habrian podido conseguir. Bajo la influencia de este árbol, la arena, adquiriendo consistencia, dejó de obedecer a la fuerza del viento; los médanos detuvieron su curso devastador i donde se estendian campos estériles reina ahora la opulencia.

Habria injusticia en dejar esta materia sin hacer mencion de los loables esfuerzos del doctor Muller, director del jardin botánico de Sidney, para el mejoramiento del suelo i del clima en Australia.

Gracias a los millones de árboles salidos de los almácigos creados al efecto i plantados anualmente, se nota ya un aumento sensible en las lluvias i en el número de las vertientes.

Eso bastará para dar una idea de la participacion que ciertos gobiernos toman en las grandes cuestiones de interes jeneral. Veamos ahora lo que puede realizar la actividad individual.

Una operacion agrícola (el Drainaje) cuyo objeto, enteramente opuesto al que buscamos, es combatir los malos efectos de una humedad excesiva de la tierra, nos ofrece a la vez un ejemplo i un estímulo.

En el norte de Europa, principalmente en Inglaterra, donde las lluvias son mui abundantes, sucede a menudo que ciertos terrenos no tienen tiempo de librarse por medio de un desagüe natural del exceso de humedad nociva para la vejetacion. El arte suple a la naturaleza; pero mediante una serie de trabajos capaces de aterrorizar al mas emprendedor de nuestros hacendados.

Despues de una nivelacion minuciosa se divide el campo en bandas estrechas (de 5 a 20 metros) por medio de canales, cuya hondura es de 3 a 4 pies. En esos canales se reune el agua que, siguiendo el declive natural indicado por la nivelacion, va al desagüe jeneral.

Pero un campo, dividido así en pedacitos, quedaria inútil; hai que rellenar los canales i borrar sus rastros, lo que se hace despues de depositar en ellos unos cañones de barro cocido por donde circula el

agua. Una cuadra de terreno requiere una lonjitud de canales que puede pasar de 3,500 metros.

Así, pues, en estos 3,500 metros que hai que cavar hasta la hondura de 3 a 4 pies hai que depositar igual lonjitud de tubos i en seguida se allana la superficie. Todo ese trabajo tiene por resultado el aumentar en 25 a 30 por ciento (a lo ménos) la renta del fundo. ¡Cuán insignificantes no parecen todas las mejoras aquí propuestas al lado de ese inmenso desarrollo de trabajo! ¡I cuán diferentes las ventajas que producen!

De todos modos, debemos tener la certidumbre de que las dificultades que tenemos que combatir no son superiores a las que se han vencido en otros paises. Pongamos, pues, manos a la obra, tan seguros del triunfo final como lo estamos de la superioridad de la intelijencia sobre la materia i alentados por esta confianza, emprendamos la lucha contra la naturaleza. lucha que, sea dicho de paso, es la única que conocerán los tiempos futuros porque es la única adecuada a la dignidad humana.

A tantos motivos de estímulo se puede agregar una última consideracion, a saber: que la vida, esa fuerza misteriosa que recien principiamos a estudiar es como la gravitacion, una de las necesidades supremas de la creacion. «Creced i multiplicaos» es un mandato imprescindible, cuya verdad reconoce el filósofo i el creyente i cuya confirmacion podemos encontrar en la esfera misma del asunto que nos ocupa. Para ello basta recordar el asombroso espectáculo que despues de un aguacero algo copioso ofrecen los áridos arenales situados entre Copiapó i el Huasco, que se llaman la Travesía.

Con una rapidez májica, el suelo desaparece bajo una hermosa capa de plantitas verdes; mui pronto aparecen flores de varios colores i con las flores una

lejion de insectos que por su tamaño, su estado de desarrollo, i su inmenso número, son ciertamente uno de los objetos mas dignos de admiracion que ofrece esta vida improvisada.

Si preguntamos de donde vienen tantos jérmenes organizados, contentémonos con saber que la naturaleza está siempre pronta a dispensarlos con una liberalidad inagotable, cuantas veces se la solicita.

La esperanza de ver compartida la conviccion que abrigo a este respecto, me ha inducido a alargar este trabajo talvez mas de lo que pueda parecer conveniente; que esta esperanza sea mi mejor disculpa para con los que así juzgaren.»

B.—Rio de Copiapó

1.—*Condiciones actuales de su hidrolojía*

Tambien el rio de Copiapó, i con mayor razon, ha sido objeto de proyectos i deseos de poner medios en práctica para contrarrestar las causas del desperdicio de sus aguas, chocándose no poco las opiniones del público entre los interesados, autoridades i particulares, acerca de los medios de ejecucion.

Dada la configuracion geográfica i topográfica jeneral del territorio de Chile cuyas líneas se reproducen en Atacama, con el característico valle lonjitudinal sobre cuya base de suave inclinacion hácia el mar caen abruptos i se detienen los contrafuertes de los Andes, resulta el hecho mui peculiar tambien de presentarse el réjimen hidrolójico dividido en una rejion de cordillera i altas serranías, con sus profundos i encajonados valles, húmeda, nevada i favorecida por abundantes meteoros acuosos, i en contraste con ella, una rejion plana o lijeramente ondulada por serranías suaves, sin nieves, ni lluvias, abierta i

con paso franco por entre anchas aberturas de la serranía de la costa por donde se estiende hasta el mar.

Pero la primera, o sea la rejion cordillerana, sufre otra subdivision mui notable: la de los nacimientos de sus rios en lo alto i precipitoso, i la del valle, parejo i de tranquila corriente donde se recojen aquellos con su torrencial continjente como en un canal de comun descenso.

El rio de Copiapó es así formado por tres de estos torrentes: el Jorquera, del norte; el Pulido, del centro, i el Manflas, del sur, reunidos todos en un punto comun de confluencia, llamado Las Juntas, donde nace i principia su curso el rio de Copiapó, propiamente dicho, sin recibir en adelante mas afluentes húmedos, sino los cauces secos de su gran sistema hidrográfico con sus dos estensos tributarios: la quebrada de Cerrillos i la de Paipote.

1.° *El Manflas*; baja este rio de sus nacimientos en la divisoria de los Andes a los 3,400 metros de altura, de las faldas de Tronquitos i del portezuelo de las Yeguas; corre de sur a norte despues de un codo brusco i recibiendo numerosas i pequeñas quebraditas con agua hasta aumentarse con la quebrada Aspera i formarse las importantes vegas del Toro, con el salto del mismo nombre; luego el arroyo del Tolar i del Verracal i mas abajo el Ramadas hasta llegar a Las Juntas a los 90 kilómetros de curso, siendo a lo ménos otro tanto como este lo sumado por los tributarios, o sea, mas o ménos 200 kilómetros como total de cauces húmedos para la hoya del Manflas.

Se conserva algo, relativamente bastante, de la primitiva vejetacion boscosa i de arbustos: chañares, algarrobos i el característico verraco. Esta disminuye, naturalmente, con la altura, desapareciendo primero el verraco, luego la brea, en seguida el tolar, peque-

ño piramidal como un ciprés, despues el cachiyuyo, persistiendo a continuacion la varilla brava para ser reemplazada a su turno por la estraña yareta, el cuerno de cabra i por último, las pequeñitas especies de cáctus i los frijidos pastos o gramas amarillas para alimento de las bestias.

2.° *El Pulido*; es el del centro i comprende 5 afluentes principales: el Montosa, el Potro o Mondaca nacido directamente de los heleros del gran macizo del mismo nombre, el Ramadas, el Ramadilla i el Plaza: todos ellos desprendidos de las cumbres divisorias o de sus contrafuertes i precipitándose torrencialmente por la falda izquierda del cauce madre del Pulido en direccion SE. a NO.

Tambien se conserva mucha vejetacion i en parte todavía podria decirse relativamente impenetrable bosque, no en el fondo de los valles, donde la devastacion inconsciente del hombre ha podido ser fácil, pero sí en las alturas i despeñaderos a donde su mano destructora no llega impunemente.

En el curso del Potro i sus afluentes, muchas vegas i grandes obstáculos por las piedras arrastradas en las creces. Nace directamente del ventisquero del Potro.

En el Ramadilla, cuyo nacimiento forma como un espacioso anfiteatro i recibe varios afluentes i manantiales, aumentando la vejetacion hasta lo impenetrable ántes de desembocar en el Pulido i sin el obstáculo de las vegas molestas i perniciosas a la conservacion de tanto pequeño caudal.

El Ramada, de carrera mui irregular, conduce a la República Arjentina por el portezuelo de Pulido.

Reuniendo el curso de los diferentes afluentes medidos por la comision del señor Plisson, resulta el cuadro siguiente:

	Kilómetros		Kilómetros
El Montosa: ramo principal.......	38		
Las Lagunitas....................	11		
Dos afluentes.......	12	totales	61
El Potro: con su confluente Las Piedras..........................	24		
Rio del Medio................. .	20		
Rio de las Pircas................	25		
El Chacai........................	28		
El Mondaquita....	30		127
Ramadilla: ramo principal.	39		
Ollita i Aspera......	15		
Caserones........................	10		
Yareta...........................	10		74
Rio Ramadas......................	...		45
El rio Pulido....................	...		59
Total jeneral.............	...		366

3.° *El Jorquera*: es el principal, la verdadera prolongacion del rio de Copiapó hasta sus oríjenes; se le da tambien el nombre de rio de los Piuquenes por donde va el camino real a las provincias arjentinas de San Juan, Rioja i Catamarca.

Principian los nacimientos en la cordillera con los arroyos del Pan i de Pircas Negras; mas abajo los de Nevado, Quebrada Seca i la Gallina, cuyos caudales, cayendo al Piuquenes forman estensas vegas.

El Cachitos, mas abajo, baja del lado sur i entra al cauce principal tomando el nombre de rio Turbio i recibe el caudal de muchas vertientes.

En seguida siempre bajando cae del norte el importante rio de Figueroa con su afluente el Paredones, mui vegosos ámbos, con estensiones todavía mas al norte hasta el Paton, Vizcachas i otros arroyuelos desprendidos de las faldas occidentales del volcan Azufre.

El Figueroa se reune al Jorquera en la Guardia, a los 29 kilómetros desde donde siguen estensas vegas pero no caen mas tributarios al rio en los 63 kilómetros de su curso restante hasta Las Juntas.

Hai ademas, entre la base sur del citado volcan Azufre i la norte del nevado de Jotabeche, la llamada laguna del Negro Francisco, de unos 60 kilómetros de largo por 30 de ancho como dimensiones de su hoya o cuenca, no teniendo esta desagüe conocido para la superficie mojada de sus mas o ménos mil hectáreas.

Reuniendo algunos de estos grupos de arroyos con mas o ménos aproximada estimacion de sus largos, resulta:

Rio Piuquenes: cauce principal hasta las vegas........................	26	kilómetros
Pircas Negras i otros...............	16	»
Nevado, Quebrada Seca i Gallina...	66	»
Cachitos, con Mondaca i el Pan.....	55	»
Rio Turbio, por el cauce principal..	24	»
Figueroa, con Paredones, Paton, etc.	65	»
Jorquera, contado desde La Guardia a Las Juntas....................	64	»
	316	kilómetros
Este total es deficiente, se puede apoyar en diversos arroyos al norte..	200	»
Total.....................	516	»

En resúmen el largo total de las tres hoyas da lo siguiente:

1.ª Rio Manflas..........	200	kilómetros
2.ª Rio Pulido....................	366	»
3.ª Rio Jorquera.................	516	»
Total jeneral..............	1082	kilómetros

Procedentes de todo este sistema hidrográfico de la rejion montañosa del rio Copiapó, se reunian en Las Juntas los tres afluentes i su tranquilo curso i blando lecho corrian por un solo cauce los 175 kilómetros distantes desde allí hasta su desembocadura en el mar abrigado bajo la sombra tutelar de espesísima vejetacion segun rezan las tradiciones de no mucho tiempo ha, cuando la actual capital de Atacama era designada con el agreste título de «San Francisco de la Selva», impenetrable dentro de los corpulentos algarrobos i chañares, espinos i olivillos, dadin i chilca, amancayes i brea.

Pero bosques vírjenes, selvas impenetrables i aguas torrenciales, sin soluciones de continuidad entre el mar i la cordillera, entraron a sufrir las consecuencias del hacha demoledora del leñador a medida del avance de los descubrimientos mineros i consiguiente consumo de combustible para los hornos de fundicion en aquellos tiempos todavía lejanos de la introduccion del carbon de piedra.

I no hacha demoledora con método o siquiera consideracion alguna por la conservacion de la planta, sino hacha acompañada de barreta para estraer tronco i raices mantando todo gérmen de futura reproduccion.

Como consecuencia sobrevino la disminucion i retiro de las lluvias, la sequedad de los campos i el agotamiento de las aguas en los rios, sin compensaciones ni control por parte del hombre para detener los efectos de semejante catástrofe.

Así empezados i continuados los hechos, los rios tributarios de la cordillera, el Manflas, el Pulido i el Jorquera fueron dejando de ser continuos para dejar confundir sus aguas a la superficie en el solo cauce del valle de Copiapó, pasando a su vez este rio a una

serie de intermitencias en la aparicion i desaparicion de su caudal ántes tan nutrido i continuo en su carrera hasta el océano.

Hoi no llegarian sus aguas hasta la ciudad de Copiapó, sino contribuyera a ello el continjente suministrado por las vertientes del tránsito, en los puntos denominados La Puerta i Palo Blanco, i pasada dicha ciudad, no se veria mas agua sin la reaparicion de las vegas i vertientes de Ramadilla, a cuya influencia se desarrolla una vejetacion marina propia de las inscrustaciones salinas i de los charcos i pantanos salados sin interrupcion estendidos hasta Monte Amargo, cerca del mar.

2.—Valuacion i cálculo de las aguas

Por esperimentos verificados en 1876, tiempos que fueron de sequía, se puede llegar a deducciones de mui satisfactoria aproximacion para estimar el monto de los caudales en los rios i las pérdidas ocasionadas por la evaporacion en las vegas, donde resida la causa principal de una disminucion verdaderamente enorme.

Por ejemplo, en un punto del rio Manflas se obtuvo 0.318 m^3 por segundo como volúmen total, i a 11 kilómetros mas abajo éste se redujo a 0.232 m^3, o sea una diferencia de 73 °/o equivalente a 2.4 °/o de pérdida por kilómetro. Esto es un valle encajonado i en favorables condiciones relativas contra la causa de evaporacion.

Miéntras tanto, en Jorquera, donde estas causas se multiplican por los grandes derrames, cauce dilatado i somero del rio, estensas vegas, etc., iguales i repetidos esperimentos daban hasta el 4.5 °/o de pérdida por kilómetro.

Así dentro de los cajones de cordillera, como se ve, las pérdidas son enormes desde Las Juntas abajo, entrando al valle copiapino se hacen menores, pudiéndose estimar en una media de 1.7°/o en kilómetro, dentro de cuyas proporciones i durante el curso de las aguas por los 59 kilómetros de distancia, contados desde Las Juntas hasta Copiapó, el caudal se agota en realidad i quedaria en seco la ciudad sin el ingreso de las vertientes del tránsito.

Se puede entónces aceptar como dato mui aproximado el de 2.5°/o de pérdida de agua por kilómetro en la rejion cordillerana o sea 1°/o por cada 400 metros, pérdida enorme pero susceptible de ser considerablemente aminorada siquiera para no tener un exceso de desperdicio en lo suministrado por los orijenes nevados de nuestros rios sobre la proporcion de caudal aprovechada en los trabajos agrícolas.

En conjunto, son a lo ménos 600 kilómetros lineales de cauces de rios por arreglar o construir convenientemente, i se hace necesario estudiar i saber si tales obras serian o no reproductivas para resolverse o no a su ejecucion, en el todo o en parte, por cuanto del mal, lo ménos posible es un bien.

El problema se reduciria a calcular el valor total de lo perdido, como aconseja el informe de Plisson, es decir, la diferencia entre la cantidad primitiva de agua i la cantidad actual, o sea entre lo aprovechable i lo aprovechado, suponiendo construidas las obras de mejoramiento para aumentar el actual volúmen de aguas efectivo; i como esta suposicion no se puede realizar en la práctica, se rebajaria del resultado un tanto por ciento para avaluar la ganancia definitiva de tales obras.

El ejemplo aducido mas arriba de cierto punto del rio Manflas donde su volúmen representa 318 litros

por segundo, arroja para otro punto situado a 20 kilómetros mas arriba, segun las esperiencias del mismo injeniero un volúmen igual: 1.° a esos mismos 318 litros; i 2.° a toda la cantidad perdida en el trayecto a causa de la evaporacion e infiltracion; es decir 20 veces 2.5 °/₀ del caudal buscado, 159 litros, o sea 0 50, es decir, la mitad. Así, pues, este caudal disminuido de su mitad es igual a 318 litros i por lo tanto asciende a 636 litros.

Aforando así los principales afluentes cordilleranos del rio de Copiapó ántes de la confluencia en Las Juntas, resulta el siguiente cuadro:

	Volúmen	Kilómetros	Litros por segundo
Rio Manflas..................	318	20	636
Polar..........................	105	20	210
Montosa	135	15	216
Lagunitas	117	10	160
Rio del Potro.................	469	30	1876
Rio Ramadilla.................	600	30	2400
Ramadas, calculado a ojo.......			100
El Pan........................	54	15	86
Mondaca......................	131	15	209
Gallina	189	15	302
Nevado	63	10	84
Turbio.........................	600	15	960
Figueroa......................	352	20	704
Total			7943

Estos aforos se han hecho repitiendo los esperimentos de medicion por la mañana cuando el caudal de los rios es menor i por la noche cuando es mayor i determinando con cuidado las distancias kilométricas entre dos puntos estremos de observacion.

La fórmula empleada es la siguiente:

$$Q_o = \frac{Q_1}{1 - 0.025k};$$

siendo Q_o la cantidad buscada; Q_1 la cantidad medida i K el número de kilómetros arriba del punto de medicion o aforo.

Tal es el volúmen total del sistema hidrográfico de los tributarios del rio Copiapó directamente procedente del derretimiento de las nieves, imposible de conservar íntegro, pero en gran parte posible de conservar mediante el grado de perfeccion de las obras hidráulicas o mejoras de los cauces, supresion de vegas, etc., etc. Dando para tales pérdidas un 20 por ciento, por exceso, quedará para los usos de la agricultura un volúmen de 6,354 litros por segundo i rebajando tambien 1,134 litros de una medicion en Las Juntas, deduce Mr. Plisson un resto de aumento equivalente a 5,220 litros o sea 4½ veces el caudal efectivo del rio Copiapó, estimado este por término medio en mas o ménos 1,200 litros por segundo, volúmen constatado a la entrada de Tierra Amarilla en año mui seco.

Escluye el injeniero, del cálculo precedente, el caudal de los manantiales i vertientes de mas abajo que sucesivamente van agregándose al cauce del rio, i observa como inferiores a la realidad los avalúos de agua, así como mui alta la proporcion de las pérdidas en un 20 por ciento si las obras hubieran de ser bien ejecutadas.

El valor representado por esta diferencia se deduce, para aquellos años, de algunos casos de venta equivalentes a 3 i hasta 5 pesos la hora por una quinta parte del caudal del rio en un punto central del valle como Tierra Amarilla. En el Pueblo de Indios, inmediato a Copiapó, el precio equivalia, por la

tercera parte del caudal hasta 6 a 11 pesos, pudiendo dar, por término medio i para todo el caudal del rio 20 pesos por hora, con cuya unidad el valor total del rio de Copiapó representaba una suma de 14,400 pesos al mes o sea 172,800 pesos por año, en peso oro esterlino de aquellos tiempos.

Ahora bien, el cálculo jeneralmente aceptado en aquel valle para la estimacion del gasto de agua en el regadío de sus tierras, tomando la unidad del metro cúbico, es el de 1 metro cúbico para cada 14 metros cuadrados de terreno.

La base de riego fundada sobre el mui aceptado de 1 litro por segundo i por hectárea en todo el mundo, da para 1 metro cúbico por segundo o sea 86,400 litros por 24 horas, agua para regar 120 hectáreas, i en turnos de 14 dias como es de práctica en Copiapó, alcanza para 1,680 hectáreas, siendo esta mui aceptable i prudente proporcion. Una medicion de todo el rio en Tierra Amarilla dió 1,100 litros por segundo: luego si con este volúmen vale a razon de 20 pesos la hora, 14,400 pesos al mes, resulta por un metro cúbico el valor íntegro de 12,000 pesos al mes.

Otra unidad mui aplicable al caso es en cuanto al valor de una hectárea de terreno, representado por una renta de 100 pesos por año, con cuya estimacion se deduce una comprobacion satisfactoria del anterior cálculo, o sea 1,680 hectáreas por 100 pesos igual a 168,000 pesos por año. No hai estadística de la produccion agrícola para poder deducir de ella mas exactos datos.

El injeniero don Emilio Keller, quien tuvo ocasion de estudiar el rio de Copiapó con motivo de la fundacion del establecimiento Lautaro, de concentracion de metales de la mina «Descubridora de Amolanas», estimó por aquel tiempo el volúmen de aguas en 3

metros cúbicos, como término medio i por escepcion hasta 10 metros cúbicos durante los deshielos del verano, i cree en no mas de medio litro por segundo i hectárea el riego bastante para aquellas tierras dadas sus favorables condiciones. Por consiguiente, la capacidad del rio para la irrigacion en las actuales condiciones de su estado i mantenimiento, en aquel punto determinado, representa una superficie de 6 mil hectáreas.

La fuerza hidráulica, dada la pendiente de 1 i hasta 1.5 por ciento i para un canal de 2 kilómetros entre Amolanas i Las Juntas, con 15 a 20 metros de caida, da para 300 a 600 caballos.

I para terminar con esta materia i procurar el interes de no abandonarla, recomendando a los industriales, cultivadores o meros habitantes algo de celo público, de iniciativa patriótica, recapitulemos en dos renglones finales la insinuacion de practicar i suministrar a las oficinas públicas donde se llevan rejistros de observaciones meteorolójicas, i para hacerlas llegar a la central, todos aquellos datos cuidadosos i dignos de fe, i para lo cual basta con un termómetro i algunos momentos de cuando en cuando perdidos para tomar el aforo de las vertientes, de los arroyos, rios, etc., etc.

Conocidos son los sencillísimos procedimientos i nadie ignora que el agua corriente representa i produce un trabajo mecánico, en kilográmetros por segundo, igual al producto del volúmen de agua o aforo, en litros, trascurridos por segundo, multiplicado por el decimal o *salto*, en metros.

Determinar el aforo o sea la cantidad de agua conducida por segundo, es operacion de mui variados resultados para un mismo arroyo o vertiente segun las estaciones, etc. i puede hacerse por medida o por

cálculo, i como para nuestros territorios siempre se trata de pequeños caudales manejables, siempre hai medio de apreciarlos, reloj en mano, midiendo su velocidad por medio de un simple flotador en una corta estension de metros, tomando las dimensiones acostumbradas, de ancho i profundidad, etc.

En cuanto a los modos para determinar el volúmen requerido para regar las tierras, hai en uso tres, tomando como unidad de superficie una hectárea, a saber: 1.° el número de litros de gasto continuo en la unidad de tiempo i por hectárea; 2.° la determinacion de una capa de agua de cierta altura, estendida sobre una hectárea; 3.° la determinacion de *tantos* metros cúbicos de agua por hectárea.

El primer medio enseña cual es la superficie regable con un caudal de agua previamente conocido i este procedimiento se usa por las concesiones de derechos de riego; el segundo medio equivale, para los efectos del riego de una hectárea a la cantidad de agua llovida, como si ésta le cayera naturalmente de las nubes; el tercero averigua el número de hectáreas capaz de ser regadas por cierto número de metros cúbicos de agua previamente conocido.

Se calcula así, como término medio para regar una hectárea, desde un litro continuo por segundo como máximo, pudiendo bajar a medio litro i aun un cuarto de litro para tierras i clima favorables como los de nuestros valles del norte; o bien, ese curso continuo de un litro puede regar en turno de siete dias una i media hectáreas o mil quinientas hectáreas con un metro cúbico por segundo. Pero cada siete dias es demasiado riego i con turnos como los acostumbrados, de catorce dias, hai lo bastante, en cuyo caso un metro cúbico de agua por segundo, incluyendo pérdidas

por evaporacion, infiltracion i demas, daria para dos mil hectáreas.

Ahora bien, si aplicamos a estas apreciaciones los tres metros cúbicos del injeniero Keller como media del rio Copiapó, nos encontramos con la misma capacidad ántes citada de seis mil hectáreas como estension cultivable por el solo caudal directo tomado en Amolanas i sin incluir el de las vertientes.

Verificar el cálculo de aforo de estas últimas daria base para mui importantes revelaciones hidrolójicas.

3.—*Obras i disposiciones conducentes al aumento de las aguas.*

La repoblacion de los bosques, la desecacion de las vegas i pantanos, el encauzamiento del rio i la construccion de represas en los cajones de la rejion cordillerana serian los cuatro órdenes de obras i recursos para cuadruplicar a lo ménos el caudal de aguas del rio de Copiapó i quizá, segun podrian revelarlo bien verificados estudios de la cuestion, ir a mucho mas inesperados fines i resultados. Lo relativo a lo forestal o agrícola de este proyecto no admite objeciones en cuanto a su practicabilidad i reconocida eficacia como medio de proteccion a las aguas de un rio por efectos de evaporacion o infiltracion; la desecacion de las vegas solo tiene por advesarios a las viejas ideas i arraigadas preocupaciones vulgares hoi ya bastante modificadas para prescindirlas, i el costo de su desaparicion no entraria como elemento de grande importancia en los gastos; el encauzamiento del rio en aquellos puntos de su trayecto donde fuere indispensable, está mas o ménos calculado dentro de aceptables presupuestos, i en cuanto a la construccion de diques en la cordillera para represar el agua de las

creces, fuente capaz de los mas benéficos resultados, la naturaleza ofrece facilidades en escepcionales condiciones para realizarlos.

Este recurso, si por la poca importancia de las aguas sobrantes por lluvias o derretimiento imprevisto de un exceso de nieves en las cordilleras de Atacama, no da base para grandes construcciones hidráulicas, cosa todavía por averiguar, sin embargo la dará indudablemente para algunos o muchos casos de estanques pequeños destinados a aprovechar numerosos caudales de detalle, arroyos, vertientes, etc., pero de mui importante consideracion en conjunto, si a su verificacion preside una discreta i bien averiguada eleccion de las localidades a tales casos adecuadas.

En lo concerniente a las vegas, pantanos, ciénagas, etc., bastaria la sola reflexion de ser estos derrames de aguas como campos improductivos sujetos, no obstante, al gasto de un riego perpetuo, privilejio por cierto bien perjudicial.

Si por vía de ejemplo, en vez del junco i otras plantas hidrófilas de los pantanos, sin valor ni destino alguno, supongamos el cultivo de un arrozal, requiriéndose para este noble fruto una capa de agua de no mas de 2 centímetros por cada 24 horas i para una estension de 150 hectáreas, esta capa líquida hace un volúmen de 30,000 metros cúbicos, bastante, a razon de 14 metros cuadrados de terreno regado para cada 1 metro cúbico, para regar hasta 42 hectáreas por dia, o sea 288 por turno.

Vertido este ejemplo en dinero i dando 200 pesos al producto agrícola en bruto de 1 hectárea de terreno: 288 × 200 pesos, es decir, 57,600 pesos, es la suma que la comunidad pierde en 150 hectáreas de vega, segun Mr. Plisson.

El encauzamiento, canalizacion, o en gran parte

simple rectificacion i ahondamiento por escavacion para dar curso mas regular i seguro al rio, sombreándolo al mismo tiempo con bien escojido arbolado i los posibles bosques i praderas, son obras comprendidas dentro de lo aceptable i ordinario en cualquiera parte resistidas solo por la ignorancia i las viejas preocupaciones vulgares sobre teoría de las vegas, tenidas por benéficas en vez de perniciosas, así al aprovechamiento de las aguas para la agricultura como a la hijiene para la salud de los pobladores.

Las condiciones naturales del terreno no son refractarias sino mas bien favorables, por no ser demasiado estenso, quizá no mas de unos 500 kilómetros el largo total de cauces por construir, preparar o tan solo disponer mas convenientemente para el libre curso de las aguas; habiendo materiales térreos como las arcillas, gredas i arenas aptas para formar terreno impermeable al álveo del rio, impidiendo la imbibicion de las aguas, i a la mano toda clase de recursos para ayudar i facilitar esta clase de trabajos reducidos en su mayor estension a simples escavaciones i terraplenes con esclusion de obras sólidas ni construcciones hidráulicas de alguna significacion.

Entre otra clase de disposiciones relativas al aumento de las aguas del rio de Copiapó, como las de reglamentacion de los turnos i riegos, medidas de policía fluvial, etc., bastante se han ocupado de ellas las autoridades locales para insistir mas en su eterna discusion, dando esta circunstancia lugar, por fortuna, a una dificultad de ménos i a una facilidad de mas para solo atender a las obras de carácter material i reproductivo.

Un cuerpo o comision de injenieros para la verificacion de todo el conjunto de operaciones exijidas como base ineludible de perfecto conocimiento acerca

de la magnitud, costo, tiempo i valor retribuido, no es un sacrificio enorme ni siquiera objetable tratándose de un departamento de la República, opulentísimo todavía i capaz de volver a recuperar su antiguo puesto de primer órden de enriquecimiento del pais.

La minería industrial ha pasado ahora a reemplazar al romanticismo minero de los descubrimientos del acaso i la leyenda, i su implantacion i radicamiento en Copiapó, así como en el Desierto abundantísimo en todos los metales útiles, no debe ser tomada como mera promesa de mas o ménos realizacion, sino como consecuencia natural i lójica de las facilidades, abundancia i economía resultante para las faenas mineras donde quiera que la agricultura la ausilia i socorre con sus frutos a precios razonables o a lo ménos en la medida i oportuna ocasion de la demanda.

El resultado de los estudios, instrucciones i dictámen de una comision de injenieros i personas peritas en estas materias habria de contribuir tambien a desarraigar de las antiguas ideas la preocupacion acerca de los bosques o plantíos de árboles siquiera sea de a uno solo en cada aguada si para mas no hai lugar en algun recóndito repliegue de una quebrada, fondo de humedad, aguada o manantial.

Todavía, así como hai jentes adversarias a la supresion de las vegas i pantanos con la idea de ser estos nocivos receptáculos de agua perdida, fuentes de produccion i conservacion, las hai tambien dispuestas a la indiferencia sino a la resistencia contra la plantacion de árboles en los rios i acequias, atribuyendo efectos de absorcion de humedades a los árboles en vez de virtudes de proteccion, conservacion i quizá tambien aumento de ellas en los terrenos protejidos por su sombra i frescura.

Lo hemos dicho ya en otra parte, i el repetirlo por

última vez i en este lugar de las últimas instancias i demostraciones en sosten de nuestra mision, todavía puede sernos permitido reclamar sombra i abrigo para la conservacion de los arroyos, manantiales i dispersas gotas de agua en nuestros páramos estériles.

La razon de atribuir a los bosques una influencia capaz de aumentar el agua de las lluvias en un aprovechamiento de un 6°/₀, puede ir a mucho mas i aun hasta un 30°/₀, no solo por cuanto las vesículas de las nubes se rompen al rasar los árboles dejando en éstos su agua en vez de restituirla a la atmósfera, sino por cuanto en las escepcionales condiciones del clima atacameño para los efectos de la evaporacion, tan enorme como la hemos esplicado, ésta quedaria reducida al mínimo de sus efectos ordinarios. La objecion del agua consumida por los árboles en su propia subsistencia i la devuelta por sus hojas a la atmósfera tiene su alcance limitado a una proporcion mucho menor del agua suministrada por la sombra impidiendo la evaporacion, aparte del recurso de no usar árboles de grandes i cornudas hojas sino aquellos recomendados como mas aptos para el efecto buscado, por lo mas en dar i lo ménos en quitar.

En esto del agua requerida para el cultivo de las plantas, el Desierto exije poner a su servicio, como se comprende, el mas completo estudio i las mas prácticas nociones de la esperiencia adquirida, sobre todo en el modo de suministrar el agua.

Esta esperiencia enseñará a calcular las pérdidas por evaporacion, las ganancias por absorcion de las plantas a la atmósfera i a los hidrometeoros, etc., pero entre tantos elementos dependientes del clima, terreno, etc , no se olvidaria el relativo al *modo de suministrar el agua*, como esencialísimo para el Desierto.

No se echaria en olvido tampoco, en estas caracte-

rísticas especialidades del Desierto de Atacama, la circunstancia tan frecuentemente señalada de ser los hidrometeoros como las nieblas, rocío i escarcha, por su relativa frecuencia i abundancia, ántes que por sus escasas lluvias, el mayor recurso disponible para aumentar las aguas en el subsuelo, reduciéndose por lo tanto este recurso a retener esas humedades providenciales procurando imbibirlas en el terreno mismo, a penetrarlas en las rocas e impregnar de ellas el terreno como se hace con una esponja.

En este órden de ideas, mucho debemos esperar de los especiales estudios de aplicacion en cuanto a ciertos artificios como las represas abiertas al aire o cerradas i subterráneas, no solo como receptáculos proveedores del exeso de aguas de lluvia almacenadas sino como medio de refresco i constante alimentacion de las vertientes, fin primordial i materia de nuestra mas persistente constancia en favor de los intereses industriales i fomento de nuestras minas en el norte.

C.—Rio Loa

a.-Orijen

Se reproduce en la hidrografía de esta estensa hoya el mismo hecho de los grandes cauces profundos i dirijidos de norte a sur o por poca diferencia paralelos al meridiano, a la alta cresta de los Andes o a las riberas del Pacífico, con la notable especialidad de reproducirse este carácter físico en la plena superficie llana del desierto central o valle lonjitudinal, no seguramente con mala fortuna para los futuros destinos deparados a rejiones por ahora solo atrayentes en mérito de riquezas tan esclusivamente de naturaleza estractiva como el salitre.

El oríjen del Loa, distante 326 kilómetros desde su desembocadura en el mar, deriva de las faldas del volcan Miño, recibe las vertientes de Palpana i Chola i continúa al sur enriqueciéndose su caudal de frescas i saludables aguas con afluentes de igualmente cristalino carácter como los de Santa Bárbara i San Pedro, de corta i torrencial carrera.

Abajo de Chiu-Chiu se le une el Salado, con su tributo de aguas minerales i gaseosas, despues de haber recibido éste algunas vertientes en las vegas de Aiquina, i el arroyo Caspana, de aguas dulces, i mas abajo, el desagüe de las salobres i estensas vegas de Calama, lleva el rio madre otro continjente de aguas nocivas designado con el nombre de San Salvador, el último del sistema hidrográfico del Loa hasta cuya desembocadura en 21° 28' corre impetuoso el interesante rio serpenteando como largo cinto de esmalte verde incrustado en el fondo blanco de su cauce abierto en plena formacion calichosa.

Fuera del estrecho recinto encerrado entre los barrancos cortados a pique, en el álveo mismo del rio, espuesto a las innundaciones periódicas i terribles de las creces periódicas, el terreno es una superficie continua cubierta de sales, sulfatos alcalinos i alcalino-terrosos, polvos o cenizas volcánicas, arenas i guijarros poco favorables, sin la debida preparacion, para terrenos de cultivo.

Agregándose a esto la mala calidad de las aguas i la fríjida rejion de aquellas altas planicies batidas por incesantes vientos secos del NO. i helados terrales nocturnos, no se ha podido o no se ha querido aprovechar aquel hermoso curso de gran volúmen en faenas de agricultura, no estando así dentro de las condiciones de comodidad i facilidades exijidas por

nuestro carácter i costumbres para decidirnos a hacer algo.

b.-Caudal de las aguas

Su caudal, segun algunos aforos citados por varios autores, alcanza en su curso superior, por Mani, 305 mil metros cúbicos por dia; un poco abajo de Chiu-Chiu se le ha constatado, despues de engrosado por el Salado, 1.036,800 metros cúbicos segun unos, i naturalmente, segun las circunstancias en los momentos de observacion, otros han encontrado diferentes resultados, i no siendo frecuente sino por acaso i mui de tarde en tarde la ocasion de una medida o aforo, no hai como tomar dato de satisfactoria estimacion por término medio.

Don Samuel Valdes V., en su «Estudio Minero i Agrícola del Loa», da para este rio por sí solo 6,400 litros por segundo o sea 552,960 metros cúbicos por dia, i para el Salado 4,300 o sea 371,520 metros cúbicos, cuya suma hace 924,180 metros cúbicos, mui aproximada a la anterior medicion.

Otro aforo practicado abajo de la desembocadura de San Salvador, frente a Toco, da 426,300 metros cúbicos diarios, contra otro de 7 metros cúbicos por segundo, o sea 604,800 metros cúbicos diarios, constatado en el establecimiento de las bombas de elevacion de la Compañía Anglo-Chilian.

En Quillagua, el injeniero Thomas Wilson calculó 30,000 galones por minuto o sea 190,080 metros cúbicos diarios, i por último hai el dato de un aforo practicado en la misma boca del rio con una superficie mojada de 2 metros cuadrados i una velocidad de 60 metros por minuto o sea 172,800 metros cúbicos diarios.

Segun estos datos, el rio sufre una pérdida enorme

por infiltracion desde el Toco abajo hasta su desembocadura, a donde, en efecto, el caudal se sumerje i estingue casi por completo en algunos cientos de metros ántes de llegar al mar para reaparecer allí como formacion litoral, en almajares, como acontece en Totoral i otros puntos citados, acumulándose las aguas detras del borde de arenas i cantos rodados, con las indispensables vegas mas o ménos saladas i los indispensables enjambres de mosquitos causadores de la malaria i demas enfermedades malignas.

Esta plaga de los mosquitos no deberia tener lugar en rios de aguas correntosas como el Loa, i si con gran contrariedad se sufre, es debido a los remansos donde pueden reproducirse sin inconveniente i desde allí llevar a lo léjos, con sus hirientes picaduras, el jérmen de sus males.

Por otra parte, las riberas arenosas de San Salvador con su gran voracidad de infiltracion i las vegas de Calama i Aiquina con su inestinguible capacidad de evaporacion, ademas del mismo cortejo de los dípteros con sus variedades de otros insectos palúdicos como aquellos, dispuestos a atacar al hombre i demas animales solo en las horas para ellos propicias de la mañana i la tarde, son otros tantos males i causas adversas de fatal subsistencia e inamovible permanencia allí como en Copiapó i como por do quiera en nuestros abandonados i prescindidos territorios.

No propongamos medios de mejora i estirpacion de males relativamente imposibles de evitar todavía, cubriendo de antisépticos como las rocas calizas aquellos terrenos de donde no el aire o los vientos, ni las aguas corrientes, como tanto se cree i repite, que llevan el contajio, sino aquellos pequeñísimos ajentes vivos cuyas larvas tienen sus criaderos en las vegas i pantanos, no precisamente por *paludismo* o debido

a las lagunas, por *malaria* o nacido del aire, sino por *telúrico* o procedente de terrenos arcillosos húmedos; pero algo debemos proponer, i esto siquiera sea limitado i circunscrito al progreso material, a las construcciones, al fomento de la capacidad agrícola en la medida de los recursos del Desierto i con ello, en mucho, al ausilio de las industrias mineras tan insaciablemente necesitadas de estímulo i proteccion.

c.—Regadío

El drenaje de las vegas, su desecacion por cualquier medio, i el aumento consiguiente del caudal de las aguas, su embalse en pequeñas represas, en estanques cerrados, en galerías, escavaciones, abrigos subterráneos de cualquiera forma i magnitud posibles, trasporte i uso del agua por cañería, etc.

En la ciudad de Antofagasta habia hasta hace pocos años como único recurso de vida el agua de las destilerías, agua marina resacada a vapor, en tantas ocasiones espuesta, durante la guerra Perú-boliviana a las continjencias de un bombardeo i aun de una simple bala perdida, capaz por sí sola de haber puesto en peligro la subsistencia de un ejército o la capitulacion de una ciudad.

Hoi Antofagasta, en mérito del capital privado de la Compañía Huanchaca i a espensas de dos a tres millones de pesos, tiene el rio Loa a su servicio con agua potable de cañería en casi 300 kilómetros de estension; i así i todo, ha resultado buen negocio para la empresa constructora e inmenso beneficio para el pueblo i sus industrias.

Así se dirá de las obras de canalizacion en el mismo sistema hidrográfico del Loa, ya para derivar las aguas aprovechables en el regadío de tierras incultas,

ya para desviar o arrojar fuera de cauce las de composicion nociva i con detrimento de las buenas.

Dentro de lo primero caben los proyectos de levantar las aguas del rio desde su lecho en una profundidad media aproximada de 100 metros, hasta ponerlas en las pampas, como la Compañía Anglo-Chilian lo ha hecho para el servicio de sus oficinas, para la elaboracion del caliche i conduccion de agua por cañería hasta Tocopilla; pero con fines agrícolas, preferible será siempre la derivacion por canales de irrigacion segun el uso acostumbrado.

Dentro de lo segundo, el proyecto desde largo tiempo acariciado sobre desvío de las aguas minerales del Salado, está siempre viva en la mente de todos los habitantes de la provincia de Antofagasta, i no podria ser de otro modo ante la constancia diaria, como afirman los cultivadores, de la necesidad de aprovechar el Loa para mayor estension de cultivo i mejor calidad i rendimiento de los frutos agrícolas, cuya diferencia, entre Calama por abajo de la confluencia, i Chiu-Chiu por arriba de ella, da a favor de este último lugar, a pesar de ser mas alto i mas próximo a los vientos helados de la cordillera, una superioridad incontestable en abundancia de produccion i en calidad para todos los granos, las legumbres i sobre todo la alfalfa: así, a lo ménos, es la voz jeneral en los respectivos lugares.

A pesar de ello, faltan datos i se carece de la constancia de muchos factores para resolver en cuestion de esta naturaleza, siempre espuesta a preocupaciones, tradiciones falsas o informaciones equivocadas.

Si las aguas del Salado son por sí solas i con toda evidencia reconocidas como inaptas o nocivas para el cultivo de la tierra, no está bien probado, podria alegarse, si despues de su reunion con las mui puras

del Loa, resulta tambien nociva la mezcla o puede mas bien estar el daño en la calidad de los terrenos de Calama en vez de la composicion del agua.

Faltan las indispensables investigaciones de la química, los ilustrativos datos del análisis cuantitativo i las esperiencias agronómicas aplicables a las tierras en cuestion i con referencias a otras análogas o idénticas, como dentro del mismo cauce del Loa se tienen a la mano, en los hermosos sembrados de Quillagua. Aquí nunca se objetó contra la calidad de los frutos ni la proporcion de su rendimiento, la mala composicion química de las aguas, a pesar del otro continjente de contaminacion e impurezas agregado por el infeccioso San Salvador.

Sin perjuicio, o mas bien dicho, previas estas indagaciones de tan fácil practicabilidad, el estudio de los injenieros de Gobierno hará obra de gran mérito si al fin i al cabo resultara indispensable la desviacion del Salado a las pampas de Limon Verde o alguna otra hoya conveniente, o en su lugar, en vez de esta difícil solucion, si así resultara efectiva, buscar dentro del mismo cauce del Salado la desviacion parcial de una o mas de las fuentes mas nocivas de sus oríjenes volcánicos o geyserianos en la cuenca de Copacoya.

El cultivo en Quillagua no es un mero ensayo, sino un hecho real i efectivo desde remotos tiempos, reconocido como del mas feliz éxito i tan solo limitado fatalmente a las proporciones de pequeñez i miserable condicion de todo cuanto entre nosotros requiere iniciativa, perseverancia i capitales de inversion pará convertir en rentas públicas i riqueza privada nuestras riquezas naturales.

Un inglés levantó planos, hizo nivelaciones i escavó un canal de regadío, obra de verdadera audacia relativamente capaz de haber sobrevivido a calamida-

des naturales como la del terremoto de 1878, que la destruyó, i habria salido con ella de entre los barrancos de Quillagua a la plena pampa, si por tales causas i las mismas hasta hoi abrumadoras, despues de un siglo de proyectos i espectativas, no se siguiera aun discutiendo en el terreno de las conjeturas i vacilaciones para realizar empresas de tal trascendencia como esa i las de irrigacion parcial en el estenso Tamarugal de Tarapacá.

Si, pues, la razon de la composicion química de las aguas del Loa, empeoradas todavía en Calartoco i frente a la Soledad por un nuevo continjente de impurezas, agregándose a éstas hasta el nitrato de soda, i casi viciándose mas i mas hasta su desembocadura, no impedia, hace ya de esto medio siglo, la formacion de proyectos de irrigacion en grande, desgraciadamente fracasados por causas fortuitas como el referido terremoto destructor de las obras; no se comprenderia tampoco, por qué en las juntas de Chiu-Chiu, ofrecieran las aguas útiles en Quillagua i peores en composicion mas inconveniente a la agricultura.

En efecto, segun un análisis de Raimondi, del agua tomada en Calartoco, su composicion es la siguiente:

Contenido en un litro

Sulfato de cal	0.4880	gramos
Cloruro de magnesio	0.4580	»
Cloruro de potasio	0.1950	»
Cloruro de sodio	2.2270	»
Sílice	0.0500	»
Alúmina i óxido de hierro	0.0180	»
Nitrato de soda	0.0412	»
Nitrato amoniaco	0.0125	»
Acido bórico	indicios	»
Acido fosfórico	indicios	»
Litio	indicios	»
Total	3.4897	gramos

Segun esta composicion el agua del Loa usada en Quillagua con tan buenos resultados para el cultivo, contiene siete veces mas residuos de sales de lo admisible para agua potable, dos veces mas sulfato de cal del jeneralmente aceptado, i la suma de los cloruros, aceptables hasta el 1 por ciento sube hasta el 80 por ciento de la composicion del residuo.

Para lo demas corcerniente a la rejion del Loa en sus condiciones agrícolas, nada encontramos digno o necesario de agregar sino los siguientes párrafos del libro del injeniero don Samuel Valdés:

«Entre Calama i Chiu-Chiu, la márjen sur del Loa es aprovechable en muchos puntos; abunda allí la brea, que los naturales consideran como el signo peculiar de los terrenos de cultivo. Si a esto se agrega lo que hoi constituye el ciénago de Calama, habria campo bastante para consumir todas las aguas del rio i para elevar a mucha altura la produccion agrícola de aquella localidad.

d.—Calama

«*Calama.*—Es una ciudad, hasta ahora, de mui escasa importancia, a juzgar por sus estrechos límites, sus pobrísimas construcciones i el corto número de sus habitantes. Esceptuando una casa de madera i de buen estilo, recientemente construida, todas las demas son hechas de piedra pequeña i barro, con mui poca solidez, i sin comodidad ni hermosura de ningun jénero. Sin embargo, por su situacion central en aquella rejion, recientemente incorporada a nuestro territorio, i por sus espeditas comunicaciones con la costa i puntos de importancia en el interior, este pueblo está llamado a constituir un centro administrativo i comercial de primer órden en aquella localidad. Vías carreteras lo unen actualmente con Chiu-

Chiu i todos los minerales de los alrededores; i una línea férrea lo pondrá luego en comunicacion con Antofagasta, con Ascotan, con Huanchaca, con San Antonio i otros puntos de esa gran fuente de plata de Bolivia que se denomina provincia de Lípez.

Los terrenos útiles que existen en las inmediaciones de Calama, los unos son de cultivo inmediato i los otros son ciénagos o vegas mui fáciles de aprovechar, los primeros son, en parte, de propiedad particular; i todos los restantes pertenecen al Estado.

Las tierras de cultivo se estienden de Calama hácia el SE. i por ámbas márjenes del Loa. Forman una superficie de 800 hectáreas próximamente, i de las cuales solo una tercera parte se hallará en actual trabajo; las demas, están aun vacantes i en completo abandono. La alfalfa i el maiz ocupan la totalidad de aquel terreno, i este último necesita de cierto abono para producirse regularmente. Hai tambien en las inmediaciones de Chiu-Chiu algunos terrenos que se dicen propios para papas; pero nadie se dedica a este cultivo, i prefieren proveerse de la costa de este artículo al precio de 7 pesos los 46 kilógramos.

La gran demanda i alto precio que tienen los forrajes en aquellos lugares, hacen que la alfalfa sea el ramo de cultivo a que se da allí preferencia. Esta crece por lo regular hasta 60 o 70 centímetros de altura; i la produccion, despues de seca, se calcula en 60 quintales métricos por hectárea en el año.

A causa de las aguas, este pasto es de mala calidad i mui poco a propósito para la alimentacion de los animales de trabajo; solo puede usarse, en tales casos, en mezcla con una cierta proporcion de cebada o de maiz. El palo no tiene ninguna solidez; es enteramente hueco, semejante a una caña, lo que hace, aun difícil su carguío, por ser una materia de poco peso

i excesivamente voluminosa. El riego es el único trabajo que exije su cultivo; i la semilla apénas hai necesidad de renovarla cada treinta años.

Los terrenos que a ella se destinan, necesitan una preparacion mui especial: se dividen en pequeñas secciones, i cada una de éstas se nivela separadamente i se le rodea de un bordo o lomo, de 30 centímetros de altura, formado de tierra bien endurecida. En los riegos, el agua se empoza en aquellos cajones como si se tratara del cultivo del arroz, por exijirlo así la calidad especial de aquellas tierras.

La temperatura misma es mui baja en Calama; no es pues estraño que los hielos alcancen hasta principios de octubre, en cuyo caso hai una mala cosecha i mucha escasez de alfalfa durante el año siguiente.

De Calama hácia el poniente existen 2,000 hectáreas mas de terrenos planos i húmedos, que es lo que allí se llama *ciénago*. Estas vegas dan oríjen al rio San Salvador, cuyas aguas son mas salobres aun que las del Loa, i con las cuales van a reunirse en el pueblecito de Chacance. Se produce en estos terrenos solamente chirca i un pasto natural a que se le da el nombre de *grama*.

Es esta una yerba que en su madurez es algo dura i sirve únicamente para la mantencion de las llamas; cuando nueva se utiliza mui bien para la crianza de ovejas. A fin de tenerla siempre disponible en este estado, se usa del arbitrio de quemarla cuando ha llegado a su completa madurez. Para los animales de carga puede ser aquel un alimento en las épocas de descanso; pero de ninguna manera durante el trabajo.

Este pasto es solo aprovechable durante ocho meses en el año; en los cuatro meses de hielo es preciso reemplazarlo por la alfafa seca.

Aquellos terrenos pertenecen al Estado i son actualmente de aprovechamiento comun. Nunca se ha ensayado otro medio de utilizarlo; sin embargo, son fáciles de desecar, i se prestan a los mismos cultivos que los otros campos de Calama.»

e-Chiu-Chiu

«*Chiu-Chiu.*—El área ocupada por este pequeño pueblo no tiene mas de 500 metros de norte a sur por 400 metros de oriente a poniente. Chiu-Chiu se halla situado sobre la ribera este del Loa, al NE. i a 24 de millas de distancia de Calama. Fué en su mayor parte arruinado por el terremoto del 9 de mayo de 1877; i esta obra de destruccion vino a completarse, por idéntica causa, el 23 de enero del 78. Hasta ahora solo se ha reedificado una quinta parte de la poblacion, quedando lo restante aun en ruinas por hallarse ausentes la mayor parte de sus dueños.

La poblacion de Chiu-Chiu ascenderá a 500 habitantes a lo mas, los cuales viven de la agricultura i de la arriería.

Los terrenos de cultivos se estienden hácia el norte i sur del pueblo, sobre una i otra márjen del Loa, i ocupan una estension de 200 hectáreas mas o ménos. Principia en la quebrada que va hácia el norte del pueblo i hasta una distancia de 14 kilómetros de él.

Esta quebrada no es mas que un angosto valle, formado por dos cerros de poca elevacion, i compuestos ámbos de muchas e idénticas capas de conglomerados i cenizas volcánicas de diversos colores. La mas espesa de todas es la que ocupa la parte superior, i se halla formada por cenizas endurecidas, de color rosado, i mui brillantes a causa de la mica que abunda en ellas. Por el medio de este valle se ve correr el Loa que, sin duda, es el que lo ha formado, cortando

aquel terreno volcánico i arrastrando las materias pulverulentas hasta descubrir las tierras primitivas. No es, pues, de estrañar que aquellos cultivos se hagan sobre un terreno formado, casi en su totalidad, por piedras i arenas de rio, mezcladas con algo de tierra vejetal; dicho terreno forma una zona de solo 100 metros de ancho, por término medio, i se riega con dos canales llevados por uno i otro lado del rio.

Fuera de esta quebrada, los cultivos se estienden por una i otra márjen del Loa, hasta una distancia de 1,000 metros mas o ménos, de Chiu-Chiu. Estos terrenos en actual trabajo, se encuentran todos cerrados por tapias bajas de tierra i piedra, cuyo costo de construccion es de 20 centavos por metro de lonjitud.

Allí se produce bien el trigo candeal, la cebada, el maiz, las papas i otras legumbres; pero, como en Calama, se da preferencia al cultivo de la alfalfa i el maiz, por ser los ramos mas productivos.

El trigo produce allí, por lo regular, un 18 por 1; pero la siembra se limita a 100 libras por hectárea de terreno.

I en cuanto a la alfalfa, esta crece comunmente hasta un metro de altura, i da en el año dos cortes en la pampa i hasta tres en la quebrada, i ademas dos peluzas o talas como aquí se llaman vulgarmente. El palo es llano i compacto, lo que da a la alfalfa mui buena calidad i hace que sea mucho mas pesada que la de Calama. Por esta causa, miéntras la produccion de este último punto se calcula en 60 quintales métricos por hectárea en el año, la de Chiu-Chiu sube a 120 quintales métricos en el mismo tiempo. Los gastos de cultivo son tambien mui inferiores en este punto a los de Calama. Cuando se pone alfalfa por primera vez en un terreno, se siembra con ella trigo o cebada, que dan su producido al cabo de año, nece-

sitándose de dos años para que la alfalfa llegue a su completo desarrollo. En cada año conviene agregar al terreno algo de semilla i ésta solo se acostumbra renovarla totalmente cada treinta años.

Este ramo de pastos, tan sencillo i tan lucrativo ordinariamente, suele tener sus malos años, a veces a causa de los hielos como ya hemos dicho, i a veces por causa de nubes o garúas estemporáneas. Estos últimos fenómenos dan oríjen al nacimiento de un gusano, semejante al que se cria en el maiz; cuando esta peste se declara, la hoja de la alfalfa se encartucha, la planta toma un color amarillo i queda luego reducida al tronco simplemente. Como se ha observado que dicho gusano desciende de la planta al ponerse el sol, se ha ensayado con buen éxito el sistema de los riegos nocturnos para destruirlo. Pero se prefiere, por lo comun, talar completamente el campo i regar en seguida.

Las tierras se preparan lo mismo que en Calama, en cuadras pequeñas, bien niveladas i rodeadas de un bordo de tierra endurecida, con el fin de que las aguas se empocen en los riegos.

En arboricultura, solo se produce en Chiu-Chiu el algarrobo i el pimiento; juzgando por analojía con otros lugares que se hallan a la misma altura, es probable que el sauce se dé tambien allí con facilidad. Sobre plantaciones de otro jénero se están haciendo recien algunos esperimentos, pero en mui pequeña escala.

El trabajo de brazos es caro en aquel lugar: el salario de un peon vale ochenta centavos i setenta su comida, es decir, un peso cincuenta centavos su costo total en un dia.

Los operarios son jeneralmente buenos pero escasos; sin embargo, siempre es fácil proporcionárselos

en la cantidad que se necesite haciéndolos venir de Tupiza, Tolina, Moraya, Nazareno, Suipacha, Santiago de Cotagaita i otros pueblecitos de la provincia de Chichas. Estos peones son todos de raza indíjena pero mas fuertes i mas intelijentes para el trabajo que los que se ocupan actualmente en Chiu-Chiu i Calama. Se les da como alimento maiz, charqui i harina de muño (morocho), i como salario tienen setenta centavos diarios.

Todos los terrenos cultivables de los alrededores de Chiu-Chiu, se hallan encerrados por una muralla de tierra i piedra, de poca elevacion, i en su mayor parte ya destruida. Dentro de este gran cerco i hácia la parte del naciente, se ve una vasta estension de terrenos planos, apropiados para el cultivo, i vacantes casi en su totalidad. Dichos terrenos ocupan una superficie de 250 hectáreas próximamente; son mui fáciles de regar con agua dulce i a mui poco costo. Hoi se hallan cubiertos de grama únicamente.

Estas tierras pertenecieron, hace cincuenta años, a don Marco Antonio Graiño, ciudadano español, revestido de cierta autoridad por el Presidente Santa Cruz, quien ordenó fuese *obedecido en todo* por los vecinos del lugar.

Fué él quien llevó a cabo el trabajo del cerco que encierra los terrenos de cultivo. A su muerte, sus acreedores tomaron en pago la parte mas avanzada al norte de dicha propiedad; lo demas se halla aun vacante, sin que ninguno de los que se han llamado dueños, hayan podido obtener sobre ellos un título perfecto de propiedad. El Estado podrá, sin duda, adquirir en breve, un valor no insignificante, por arriendos o venta de estos terrenos i demas que, hemos dicho, existen en las inmediaciones de Calama.»

f-Caspana

«*Gaspana*.—Saliendo de Chiu-Chiu hácia el naciente, despues de ocho horas de una marcha regular o sean 25 millas de camino próximamente, se llega al pueblecito de este nombre. Se halla como escondido en el fondo de una angosta quebrada, apareciendo siempre de improviso a los ojos del viajero que a él se dirije.

En vez de pueblo es aquello una villita o pequeño *caserío*, compuesto de pobrísimas habitaciones, en medio de las cuales existe la iglesia i casa parroquial, los edificios de mas consideracion del lugar. La poblacion llega solo a 60 habitantes, divididos en doce familias, que llevan los apellidos Zairas o Colamares, de Fermin Zaira i Teodoro Colamar, los vecinos mas antiguos i notables de la villa. Son todos de raza indijena, i viven de la arriería i de la agricultura.

Corre allí un riachuelo de aguas cristalinas i esquisitas que, lo mismo que el Loa en Chiu-Chiu, ha descubierto algo de tierra vejetal, en medio de aquellas pampas de caliches i cenizas volcánicas. A uno i otro lado de la quebrada i sobre las faldas mismas de los cerros, se ven dos angostas fajas de terrenos, que forman el único i mas triste patrimonio de aquellos pobladores. Dichos terrenos pertenecen a la comunidad, i cada cual toma lo que necesita, en cualquiera situacion que sea, con tal que no se encuentre ocupado por otro.

A fin de hacer desaparecer la inclinacion natural de aquellas tierras i de darles buenas condiciones para su cultivo, cada uno divide su propiedad en pequeños andenes, especies de cajones, formados con piedras de rio, i que rellenan en seguida con tierra vejetal.

Allí casi no se conoce el arado ni seria posible su uso en muchos casos. El terreno se trabaja a mano, con herramientas en estremo sencillas; i en seguida se siembra con esmero, cuidando de aprovechar la semilla lo mejor posible. El trigo, el maiz, la cebada, la papa i las verduras se producen, pero en pequeña cantidad. En árboles, se crian regularmente el peral, el durazno, el ciruelo i aun la vid; pero no se ve el fruto por los excesivos hielos.

Lo que se cultiva con preferencia es la alfalfa, i se da regularmente. Se la destina a la mantencion de sus pequeñas tropas de borricos i algo para la crianza del ganado menor. La plaza de Caracoles es la que provee a aquellas jentes de lo mas necesario para su mantencion i trabajo; conducen allí sus pequeñas tropas cargadas de leña de pingo-pingo, que venden al precio de dos pesos el quintal español; i su producto lo invierten en aquellos artículos que forman su pobrísimo consumo.

Jente laboriosa, no vive sino para el trabajo. En las primeras horas de la mañana, hombres, mujeres i niños dejan, todos los dias, el pueblo para irse a las faenas del campo; solo al ponerse el sol se les ve regresar todos juntos a sus hogares.»

El señor Valdés hace tambien breves alusiones a las condiciones meteorolójicas de la rejion del Loa, considerándola, a este respecto, como un principio de la gran meseta boliviana hácia la cual los fuertes vientos de los cuadrantes del oeste aumentan en intensidad i frecuencia.

Las lluvias i las nevadas son fenómenos de verano i tienen lugar desde diciembre hasta marzo i abril. En seguida vienen los hielos del invierno, a veces insufribles en aquellas alturas de 3 a 4,000 metros, hacién-

dose en ellas forzosa la tarea del trabajo a no mas de 8 horas diarias.

En Calama, la temperatura máxima en el año alcanza 30° centígrado i la mínima —4°; la presion barométrica en una media de 598 milímetros.

En el Inca, éstas se modifican en 25°5 para la máxima temperatura i 0° para la mínima; altura barométrica media de 577.5 milímetros.

En Chuquicamata 32° i —2° respectivamente i barómetro 557.5.

En Ascotan 29° i 0°; barómetro 500.5 milímetros.

D.—Rio de San Bartolo o San Pedro de Atacama

Hé aquí un sistema hidrográfico tambien digno del mayor interes i reservado a futuros destinos de no escasa importancia cuando un mayor desarrollo de las industrias químicas i del comercio de intercambio con las provincias arjentinas del norte ponga en movimiento los recursos de aquella alta rejion.

Territorio aislado geográficamente, pero colocado como intermediario a media distancia entre dos naciones limítrofes separadas por estensos, áridos e inclementes desiertos i cuyos intereses necesitan recíprocamente acercarse, tiene su natural porvenir i una mision de indispensable i eficaz ausilio para el comercio de tránsito internacional.

Está constituido por una estensa hoya hidrográfica cuya total superficie mide 1.510,323 hectáreas, i de sus oríjenes al norte, al pié de los volcanes Machuca i Putana, nace su rio en cuyo curso recibe las aguas de algunos otros tributarios, como los de ese mismo nombre i los llamados Rio Grande, San Bartolo, Pelon, Chuschul i el Vilama, mui importantes por sus buenas aguas i facilidades para aprovecharlo en cultivos de

estension i considerable valor para el pueblo de San Pedro.

Se hace necesario repertirlo i señalar precisamente aquellas circunstancias mas importantes de lugares i terrenos favorecidos por ciertos privilejios naturales dentro del alcance i facultades del hombre para ponerlos a su servicio, i tal puede decirse de este mismo riachuelo de Vilama, dulce i cristalino en medio de torrentes salados i casi de barro, al cual los pobladores indíjenas no hacen sino contemplar con deseo i codicia, viéndolo perderse a su vista i consumirse sin prestar utilidad alguna a la orilla de campos cultivables i feraces.

Juzgamos aprovechable i capaz de buen destino todo caudal de agua puesto al alcance del hombre i de ello da testimonio el torrentoso rio de San Bartolo o de Atacama, socavado en profundo cauce de altísimas paredes donde la naturaleza geológica del terreno consistente en poderosas estratificaciones de areniscas arcillosas impregnadas de sal comun i de sales de cobre con mas el acarreo de barros i arenas, hace de las aguas de San Pedro una de las peores para ser consideradas como aptas para la agricultura, i no obstante, allí se regocija el viajero i el traficante en ganados con el espectáculo de una vasta planicie poblada de algarrobos colosales i salpicada de una verdadera constelacion de lugarejos rodeados de verdor i frescura en todo su contorno.

Los naturales llaman *aillos* estos centros esparcidos i así distribuidos en estensa superficie buscando el terreno mas apto para el cultivo i conduccion del agua hasta ellos, en gran parte absorbida por un suelo esponjoso o detenida, sin penetrarlo, en otras donde su consistencia arcillosa, por opuesta condicion, es

un obstáculo para la penetracion del agua i las raices de las plantas.

Del lado de los Andes, a los pies del Licancaur i demas picos volcánicos hasta el Pular, nacen los arroyos de Toconao, de aguas esquisitas, base del agreste i variadísimo cultivo de árboles frutales en ese singular pueblecito tan agradable al viajero; el de Aguas Blancas, sin uso alguno a causa de algun banco de ceniza aluminosa por donde filtra; el Hecar i el Onar; el Cámar, Socaire, Peine i Tilomonte, son ademas otros tantos centros de pobladores indíjenas, cultivadores i pastores entregados a una vida de indolencia i sedentaria a causa de las distancias para la mas espedita esportacion de sus útiles frutos.

El futuro desarrollo de la industria boratera i de la hermosísima sal cristalizada en todo el contorno del estenso salar, mejorarán las actúales circunstancias dando lugar al mayor ensanche de los cultivos, siendo de notoria facilidad el aumento de las aguas en los numerosos esteros i arroyitos cordilleranos.

El algarrobo, por sí solo, es árbol capaz de transformar aquellos parajes en rejion verdaderamente forestal con fomento de las utilísimas aplicaciones de su fruto aplicable a alimentacion de hombres i animales, a preparaciones en forma sólida i líquida, ofreciendo casi gratuito una especie de pan dulce i saludables bebidas refrescantes.

CONCLUSION

Las causas de los males para la minería, industria i agricultura pudieran derivar no de vicios o deficiencias administrativas o lejislativas, como es de diaria afirmacion oirlo, sino mas bien de los procedimientos múltiples i variados de cada cual i de todos en sus respectivas esferas de accion, para encaminar los intereses públicos por donde mejor i mas espeditamente lo entienden.

Por medidas de Hacienda Pública, nada se dispone capaz de atraer los capitales estranjeros ni aplicar los propios al desarrollo de los recursos naturales del pais, base fundamental i medio único de actividad, de trabajo efectivo i produccion consiguiente.

El estado económico del pais, funesto; el crédito bancario, una calamidad pública: el espíritu de asociacion desapareceria i toda iniciativa de especulacion industrial impedida o muerta, no son factores favorables para esperar una reduccion razonable de intereses sobre el capital; i si en momentos de trazar esta última pájina del presente libro, la baja del cobre a 47 £ debiera hundirnos en un abismo o entregarnos a la indolencia musulmana para no pesar la magnitud de nuestra ruina i la inutilidad de nuestros esfuerzos para contenerla.

No debe ser así ni lo será.

Cierta falta de prevision i de persistencia en las concepciones, de precision i de esperiencia en la apreciacion de los medios, de bien meditado estudio, de práctica i positiva ejecucion, en fin, llevan a nuestras empresas i especulaciones, sobre todo de carácter minero, las consecuencias de lo inestable, inadecuado o insuficiente, casi siempre por falta de capital bastante, a causa de mezquinarlo o de mal entendido ahorro o de no calcularlo bien; a veces porque en la empresa faltó la maquinaria o fué mal calculada, mal elejida i peor aplicada; porque faltó el agua o resultó léjos la aguada; porque presentándose inopinadamente en la mina no hubo como instalar bombas de desagüe, no se prolongó el pique de planes, ni se consultó el socavon con oportunidad; i hasta faltó comprador para los metales!

Agreguemos la emigracion de la moneda metálica, no por la supuesta causa de un exceso de gastos i consumos del pais sobre su produccion, ni por los gastos estraordinarios del Estado, militares o de obras públicas, sino por la ocultacion de nuestros propios dineros, su retraimiento o emigracion a mejores mercados, i sobre todo por la falta o desaparicion de la riqueza individual o colectiva i la no menor desgracia de riqueza existente pero adquirida por particulares o sociedades en operaciones a espensas de la penuria social i del empobrecimiento jeneral.

Hai el desconocimiento parcial de nuestros recursos i un insuficiente, i quizá mas bien, total abandono de propaganda i divulgacion de nuestros recursos naturales en el estranjero, con el conocimiento gráfico de las localidades, con sus vías de comunicacion i facilidades escepcionales para construirlas en nues-

tras rejiones mineras, con sus circunstancias industriales, etc.

No debemos hacernos la ilusion del interes últimamente despertado en Europa por conocer algo de esto enviándonos espertos peritos, comisionados e indagadores mas o ménos versados en negocios, por cuanto éstos se limitan a su particular interes i nada se trasluce para los demas ni siquiera el valor científico i para bien del progreso universal, sobre cuanto averiguan, juzgan o resuelven esos enviados.

La accion de propaganda, i mucho mas teniendo, como tenemos en cuanto se refiere a las rejiones mineras del norte, demasiados i bien adquiridos medios de difusion i publicidad, debe ser eficaz en sus medios materiales, instructiva en su contenido i todo lo posible ilustrativa i atrayente en la forma.

Ha llegado con exceso el momento de hacerlo, i vituperable es en quienes lo han impedido o no han procedido con el prestijio i obligaciones de su autoridad para verificarlo, el haber prescindido durante tantos años del aprovechamiento de bienes públicos i uso de trabajos penosamente llevados a buen término, constantemente invocados como una necesidad de los intereses mineros e industriales del norte de la República i por cuya privacion al uso público el pais ha perdido hasta hoi numerosas i oportunas ocasiones de haber aprovechado sus servicios.

En el conjunto de obras i disposiciones para llenar los fines de la materia impuesta a este libro, se destaca en primer lugar, como lo dejamos tantas veces repetido, el cuidado i multiplicacion de la *gota de agua*, por el mui justificado hécho de reunir sus servicios

las proporciones de un mar en las necesidades de los desiertos secos i estériles.

Todas las naciones, las mas grandes i poderosas, así como las mas modestas pero igualmente ilustradas de Europa, lo entienden hoi lo mismo, i dentro i fuera de sus propios territorios, en las empresas de colonizacion i conquista del mundo, la *aguada* les abre el paso i el aprovechamiento del mas escondido arroyuelo en los repliegues del terreno, sirve de base al primer centro de poblacion.

Laméntanse algunos paises de poseer ciertas condiciones hidrolójicas o climatéricas, geolójicas o hidrometeóricas, fatalmente adversas al mejor i mas completo aprovechamiento del agua llovida, i entre otras España, desfavorecida por su configuracion topográfica i la composicion de su suelo para conservarla i retenerla lo mas posible en el cultivo i aplicaciones a su agricultura, ha llegado a considerar materia de rejeneracion social i política, de transformacion industrial de apremiante necesidad i hasta de salvacion pública la dedicacion al solo objeto de combinar i realizar un plan de trabajos públicos i particulares para tratar de contener la pérdida inmensa de sus aguas torrenciales por medio de numerosas i pequeñas obras hidráulicas. Es decir, se trata de llegar por medios pequeños, de miniatura podria decirse, a resultados de grande efecto i trascendencia, horadando el suelo para almacenar el agua en estanques, cavernas, galerías o pozos, i así conservarla o hacerla penetrar en el terreno por infiltracion, imbibicion, presion i libre curso a las profundidades donde debe refrescar i humedecer el terreno como una esponja, para surtir los manantiales i conservar represado en el seno de la tierra i sus antros, el excedente de las

aguas superficiales, hoi de torrente, salvajes i destructoras de pueblos, sembradíos i vidas humanas.

Nada de canalizacion en grande ni pequeño, de estanques o represas abiertas a la luz del dia, a la evaporacion insaciable: todo al recinto subterráneo, a la caverna oscura, a las fisuras i grietas del terreno, de donde no vuelva la gota de agua a la atmósfera en pura pérdida sino a los receptáculos de la madre tierra para mantenerla húmeda i vivificante con su frescura.

Tal prospecto de obras, aseguran sus autores, consistente en meras escavaciones de pequeñas proporciones, aprovechándose hasta de las antiguas minas abandonadas para innundarlas de agua, rejeneraria a España, dotándola con el tiempo i la inversion de los suficientes capitales, de los incalculables bienes de una modificacion trascendental en el réjimen hidrolójico de sus tierras.

Decimos esto respecto de España, para no repetir las breves referencias, ni ampliarlas mas ahora, ya hechas respecto de los Estados Unidos en sus territorios de las tierras áridas con sus portentosas obras i la inversion de sus inagotables capitales en perseguir la gota de agua de donde derivan praderas de verdor en plenos eriales, residencias agrestes i hasta maravillosas ciudades!

En cuanto a nosotros, no negamos nuestros adelantos, nuestras relativas grandes obras e inversiones de los presupuestos fiscales en útiles construcciones: tan solo objetamos la desigual distribucion, la falta de plan definido, razonado, tendente a hacer resaltar i no dejar pasar desapercibidos ciertos hechos i lugares por hacer destacarse de preferencia otros de me-

nor influencia pública, ménos urjentes i ménos reproductivos.

Anden i predominen las ideas económicas como quiera, nadie desconoce la inclinacion marcadísima en favor del productor agrícola contra el minero, el industrial, el artesano i todo el pueblo consumidor en jeneral.

La abundancia, baratura i seleccion de las sustancias alimenticias no han preocupado mucho ni son materia de desvelo para nuestros lejisladores en las actuales circunstancias aflictivas de la llamada lucha por la vida, i si la gran industria salvadora, la fuente de los grandes recursos i poderío de la nacion, la minería, desfallece en el norte por la falta de obreros, por la carestía de la subsistencia, el altísimo precio de los forrajes, no es ménos evidente ni pesa ménos sobre la responsabilidad de los administradores públicos la otra causa mas fundamental i mas abrumadora contra la prosperidad minera i las facilidades para su produccion, directamente relacionada con los ferrocarriles i las aguadas, las vías de movimiento i las fuentes de la vida.

Quisiéramos siquiera ver presidir aquel espíritu moderno de estudio, de cálculo, de incesante aspiracion al conocimiento científico i práctico del pais en todas las esferas de su produccion i recursos naturales, con liberal desprendimiento i bien entendida economía, bien meditado plan de trabajos i atinada eleccion de los hombres en cuanto a su competencia i probada idoneidad, esperiencia i vocacion para llevarlos a cabo.

En este sentido i sin apartarnos de la especialidad de nuestra materia se imponen algunas disposiciones como las siguientes:

A.—Una direccion de estudios hidrogeolójicos de

la rejion minera del norte encargada de las siguientes atribuciones:

1.ª Estudio hidrogeolójico de las hoyas o cuencas hidrográficas teniendo en preferente consideracion el cuidado, conservacion i multiplicacion de las aguadas naturales o artificiales; estudios i designacion de puntos favorables para alumbrar aguas comunes i artesianas.

2.ª Designacion de los terrenos aprovechables para regadío i dotacion de las aguas disponibles al efecto, medios de aprovechamiento i aumento de caudal, cálculo i presupuesto de obras i sus resultados económicos.

3.ª Llevar inventario de las concesiones de agua a particulares o sociedades, títulos de su adquisicion, derechos de posesion, etc.

4.ª Publicidad, estadística i propaganda de datos, ilustraciones i estudios realizados, sea en órgano propio, para circular dentro i fuera del pais por medios oficiales o en publicaciones acreditadas del estranjero.

B.—Por cuanto esta materia i las disposiciones al respecto se rozan de una manera jeneral con la hidrolojía i la agricultura de todo el pais, sobre cuya fecundísima idea hai proyectos presentados al Congreso, propondremos simplemente las siguientes bases:

1.ª Consignar de una manera permanente en el Presupuesto de Obras Públicas de la nacion i en los de las municipalidades, cantidades especiales en forma de asignacion fija para el servicio de la direccion hidrogeolójica i fomento de sus obras i estudios.

2.ª Dictar leyes especiales sobre concesion i aprovechamiento de las aguas públicas, temporales desde 50 a 99 años, con derecho de revertir al Estado las concesiones con todas sus obras, maquinarias o en-

seres, en condiciones de justiciera i conveniente retribucion para los concesionarios espropiados.

3.ª Estimular el interes particular a la asociacion de capitales para empresas hidrológicas, hidráulicas, agrícolas o mineras relacionadas con la aplicacion de las aguas públicas, disponiendo a semejanza de lo establecido para las concesiones de minas, rejistros especiales en las oficinas municipales i de obras públicas para inscribir en ellos las solicitudes de estudio o aprovechamiento de riegos, alumbramiento de aguas en cualquiera forma, fuerza hidráulica, obras de represa o canalizacion, desecacion de vegas, saneamiento de terrenos, dotacion de agua potable a las poblaciones, etc., etc., estableciendo la prioridad de la peticion como otorgamiento de derecho preferente.

4.ª Asegurar a los alumbradores de aguas subterránea la posesion permanente i legal de su descubrimiento.

5.ª Conceder tierras en propiedad a los empresarios de riegos.

I para insistir por último en el interes de estos territorios de la República ante los llamados a conocerlos en sus recursos i tratar de su mejoramiento i susceptible espansion, repitamos acerca de las aguas perdidas o ignoradas, tanto mas útiles, mas reproductivas i mas valiosas cuanto mas escasas son en todos los ámbitos de nuestros desiertos i cordilleras, todo cuanto dejamos constatado, no solo en referencia a regadío i cultivo de pedazos de nuestra tierra, sino tambien en cuanto a la subsistencia del hombre, al mantenimiento de su industria, a la esplotacion de su venero i al cateo para descubrir otros.

Todo clama por la *gota de agua* para alumbrarla donde no la haya, conservarla i aumentarla donde el

suelo la brinda espontánea o la ciencia i el arte la señalan como probable o seguramente existente.

Se apodera del espíritu el desaliento ante la pequeñez de nuestros medios de accion para mejorar i procurar la posible espansion de nuestros recursos naturales, llegando hasta tacharnos a nosotros mismos de indolencia i desden por nuestro progreso material i mejor bienestar social, mas, no obstante, nuestra humana condicion se siente estimulada a perseverar en tales ideas de trabajo i entonar himnos de gratitud a la naturaleza por aquellos favores, siquiera solo nos sirvan para confiar i esperar en su mas pronta i cabal aplicacion a nuestras mas inmediatas necesidades.

De tantos i tan cuantiosos favores, si no lo abandonamos todo a la desidia i a la inercia en las horas de prueba i dificultades, resta aun inmensa tarea por realizar i riquezas en proporcion por disfrutar de aquel suelo impregnado de tantas materias útiles.

El norte de Chile es rejion de espléndida, constante luz i abudante radiacion solar, en pleno cielo diáfano i sin nubes.

Su potencia térmica por unidad de superficie, debida a los largos dias despejados de sus latitudes medias es considerable, como lo es tambien, en razon de su vasta estension, la potencia termodinámica de su sol.

Contra este exceso de bienes, luz i calor, la falta de agua nos haria decir de las rejiones estremas de nuestro pais, la magallánica i la atacameña, como respectivamente se diria de Siberia i el Sahara: humedades sin sol i sol sin humedades.

Pero nuestro Desierto no está en casos tan estremos, gracias a esa benignidad de clima favorable a la subsistencia humana a toda intemperie i en todo tiempo, i a esas condiciones físicas i meteorolójicas

bastantes para transformar en fuerza i movimiento la nieve de sus cordilleras i dar oríjen siquiera a rios bastantemente fecundos i jenerosos como el Huasco, el Copiapó, el Loa i el San Pedro de Atacama.

INDICE

IV

V

VI

VII

VIII

IX



